

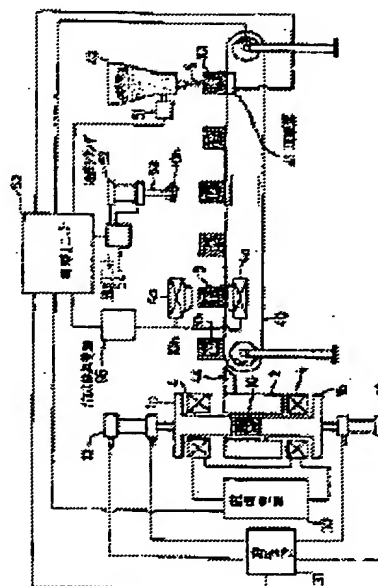
METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURE OF PERMANENT MAGNET AND RUBBER MOLD FOR ORIENTATION FORMATION IN MAGNETIC FIELD

Patent number: JP4363010
Publication date: 1992-12-15
Inventor: SAGAWA MASATO; others: 01
Applicant: INTAA METARITSUKUSU KK
Classification:
- international: H01F41/02; B22F3/02; B30B15/02; H01F1/06; H01F1/08
- european:
Application number: JP19910040861 19910214
Priority number(s):

Abstract of JP4363010

PURPOSE: To acquire a permanent magnet compact without generating cracks, flaws and chipping by arranging a rubber mold in a die press device and by acquiring a compact of permanent magnet powder by compressing rubber mold and permanent magnet powder by punching of the die press device.

CONSTITUTION: Magnet powder 5 is injected from a feeder 42 to a bottomed rubber mold 10i put on a stopped conveyor 40 and filling density of the magnet powder 5 is increased by vibrating the bottomed rubber mold 10i by an exciter 1 simultaneously with the injection. When the conveyor 40 rotates, the rubber mold 10i with a rubber cover 10h moves to a middle between magnetic coils 4a and 4a and pulse magnetic field is applied to the magnet powder 5. The rubber mold 10i wherein the oriented magnet powder 5 is put slides toward a die 2 by a push rod, etc., on a base 44 provided in the same level as the conveyor 40 and an upper part of the die 2. Satisfactory orientation can be acquired even with high density filling if elasticity of rubber is applied in this way.



Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-44121

(24) (44) 公告日 平成7年(1995)5月15日

| | | | | |
|---------------------------|------|-----------|--------------|------------------------|
| (51) Int.Cl. ⁶ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 1 F 41/02 | | G 8019-5E | | |
| B 2 2 F 3/02 | | | | |
| 3/087 | | | | |
| | | | B 2 2 F 3/02 | K |
| | | | | H |
| | | | | 請求項の数38(全 38 頁) 最終頁に続く |

(21) 出願番号 特願平3-40861
(22) 出願日 平成3年(1991)2月14日
(65) 公開番号 特開平4-363010
(43) 公開日 平成4年(1992)12月15日
(31) 優先権主張番号 特願平2-330048
(32) 優先日 平2(1990)11月30日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 591044544
インターメタリックス株式会社
京都府京都市西京区松室追上町22番地の1
エリーパート2 401号
(72) 発明者 佐川 真人
京都府京都市西京区松室地家町12-17
(72) 発明者 永田 浩
広島県広島市中区住吉町6-14 山口ビル
701号室
(74) 代理人 弁理士 平井 保 (外1名)

審査官 北村 明弘

(54) 【発明の名称】 永久磁石の製造方法、製造装置及び磁界中配向成形用ゴムモールド

1
【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイプレス機により永久磁石粉末の磁界中配向成形を行う工程を含む永久磁石の製造方法において、永久磁石粉末をダイプレス機外で少なくとも側面部がゴムからなりかつ、底を有するモールド内に加振及び／又はプッシャーによる押圧によって高密度に充填するか、あるいは永久磁石粉末の予備圧粉体をダイプレス機外で、少なくとも側面部がゴムからなりかつ底を有するゴムモールドに装填し、その後前記永久磁石粉末が充填もしくは装填された前記ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、ダイプレス機のパンチにより前記ゴムモールドおよび永久磁石粉末を圧縮して永久磁石粉末の圧粉体を得ることを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項2】 前記ゴムモールドに前記加振及び／又は押圧によって永久磁石粉末を高密度充填しあるいは前記

2
予備圧粉体を装填し、次にゴムモールドの上部開放部に蓋をかぶせ、その後永久磁石粉末または予備成形体に磁界中配向成形工程前に、磁界を瞬間的に印加するか又は磁界中配向成形工程より強い静磁界を印加することを特徴とする請求項1記載の永久磁石の製造方法。

【請求項3】 ダイプレス機により永久磁石粉末の配向成形を行う工程を含む永久磁石の製造方法において、永久磁石粉末をダイプレス機外で、少なくとも側面部がゴムからなりかつ底を有するモールド内に自然充填し次に加振及び／又はプッシャーによる押圧によって高密度に充填するか、あるいは永久磁石粉末の予備圧粉体をダイプレス機外で少なくとも側面部がゴムからなりかつ底を有するゴムモールドに装填し、続いてゴムモールドの上部開放部に蓋をかぶせ、その後永久磁石粉末または予備圧粉体に磁界を瞬間的に印加し、その後前記永久磁石粉

末が充填もしくは装填されたゴムモールドをダイプレス機内に配置し、ダイプレス機のパンチにより前記ゴムモールドおよび永久磁石粉末を無磁界中で圧縮することを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 4】 前記ゴムモールドと、上下パンチのいずれか少なくとも一方の間にゴムモールドよりも硬質の弾性体からなるバックアッププレートを設置し、パンチによりバックアッププレートを圧縮することを特徴とする請求項 1 から 3 までの何れか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 5】 前記ゴムモールドに希土類永久磁石粉末又は予備成形体を不活性ガスの存在下で充填または装填することを特徴とする請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 6】 請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の方法によるプレス成形工程後に、圧粉体の焼結を行うことを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 7】 ゴムモールドへ永久磁石粉末とともに樹脂を充填することを特徴とする請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 8】 ゴムモールドへの永久磁石粉末の自然充填後に行うゴムモールドへの高密度充填、請求項 2 又は 3 記載の磁界印加、ダイプレス、及び圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを搬送する周回経路で順次繰り返し行うことを特徴とする請求項 2 から 7 までの何れか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 9】 ゴムモールドへの予備圧粉体の装填、請求項 2 または 3 記載の磁界印加、ダイプレス、及び圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを搬送する周回経路で順次繰り返し行うことを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 10】 前記ゴムモールドの周回経路内での搬送を不活性ガスチャンバー内で行うことを特徴とする請求項 8 又は 9 記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 11】 ゴムモールドがダイプレス機の上下パンチと面する上下側の少なくとも一方の側の材料が、ゴムモールドがダイプレス機のダイに面する側方側のゴムよりも硬質であることを特徴とする請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 12】 上部又は上下部が開放されたゴムモールドの少なくとも一方の開放口を有する面をパンチで直接加圧することを特徴とする請求項 1 から 11 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 13】 前記ゴムモールドの上蓋部もしくは底部の少なくとも一方の厚み (t 、単位 mm) が式： $t \leq 1.6 h / D$ (ただし、 h は圧粉体の厚み、 D は圧粉体の断面積の正の平方根である) で表されることを特徴とする請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 14】 前記圧粉体が中空体であり、前記ゴム

モールドが中空部形成のために該ゴムモールドより硬質の材料からなるマンドレルを備えていることを特徴とする請求項 1 から 13 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 15】 前記ゴムモールドがその内側面の末端部でかつ上面側および下面側の少なくとも一方において粉末側に湾曲している湾曲部を有することを特徴とする請求項 1 から 14 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

10 【請求項 16】 吸水孔を備えた上パンチとフィルターを有するダイプレス機により永久磁石粉末を圧縮し、スラリーの磁界中配向成形を行う工程を含む永久磁石の製造方法において、ダイプレス機内でまたは外で永久磁石粉末のスラリーを充填し、少なくとも側面部がゴムとなり、上部が開放されかつ底を有するゴムモールドをダイプレス機内に配置し、前記上パンチと前記ゴムモールドの開放部の間にフィルターを設置し、前記圧縮に際して前記ゴムモールドおよび永久磁石粉末を圧縮するとともに、前記フィルターおよび前記吸水孔を介してスラリー中の水分又は溶媒を排出することを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 17】 ゴムモールドに充填されたスラリーの上面の形状が上パンチの下面の形状とほぼ一致するようにスラリーをゴムモールドに充填することを特徴とする請求項 16 記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 18】 消泡剤を添加したスラリーを使用することを特徴とする請求項 16 又は 17 記載の永久磁石の製造方法。

30 【請求項 19】 ゴムモールドへスラリーを充填する前又は後にゴムモールド内を真空減圧処理することを特徴とする請求項 16 から 18 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 20】 上部が開放されたゴムモールドの上面を金属パンチで直接加圧する請求項 16 ～ 19 までの何れか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 21】 ゴムモールドがダイプレス機の下パンチと面する側の材料が、ゴムモールドがダイプレス機のダイに面する側方側のゴムよりも硬質であることを特徴とする請求項 16 から 19 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

40 【請求項 22】 前記ゴムモールドの底部の厚み (t 、単位 mm) が式： $t \leq 1.6 h / D$ (ただし、 h は圧粉体の厚み、 D は圧粉体の断面積の正の平方根である) で表されることを特徴とする請求項 16 から 21 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 23】 前記圧粉体が中空体であり、前記ゴムモールドが中空部形成のために該ゴムモールドより硬質の材料からなるマンドレルを備えていることを特徴とする請求項 16 から 22 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 2 4】 請求項 1 6 記載の方法のゴムモールドへの充填、請求項 1 6 記載の圧縮及び水分又は溶媒の排出、圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを周回経路に沿って搬送しながら、順次繰り返すことを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 2 5】 請求項 1 6 記載の方法のゴムモールドへの充填、請求項 1 6 記載の圧縮及び水分又は溶媒の排出、圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、及び請求項 1 9 記載の減圧処理を、ゴムモールドを周回経路に沿って搬送しながら、順次繰り返すことを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 2 6】 請求項 1 6 記載の方法のゴムモールドへの充填、請求項 1 9 記載の減圧処理、請求項 1 6 記載の圧縮および水分又は溶媒の排出、圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを周回経路に沿って搬送しながら、順次繰り返すことを特徴とする永久磁石の製造方法。

【請求項 2 7】 前記スラリーに換えてスラリーを予備成形した成形体スラリーを使用する請求項 1 6 から 2 6 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 2 8】 前記ゴムモールドがその内側面の末端部でかつ上面側および下面側の少なくとも一方において粉末側に湾曲している湾曲部を有することを特徴とする請求項 1 6 から 2 7 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の製造方法。

【請求項 2 9】 少なくとも側面部がゴムからなりかつ底を有するゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末をゴムモールドに自然充填させるフィーダー、プッシャーもしくは加振機、磁界発生器、ダイプレス、及び圧粉成形体をゴムモールドからの取りだし治具を順次配列したことを特徴とする永久磁石の製造装置。

【請求項 3 0】 不活性ガスチャンバー内にて前記モールドを周回させる請求項 2 9 記載の永久磁石製造装置。

【請求項 3 1】 少なくとも側面部がゴムからなりかつ底を有するゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末の予備圧粉体のローダー、磁界を印加するパルス発生器、ダイプレス、及び圧粉成形体をゴムモールドからの取りだし治具を順次配列したことを特徴とする永久磁石の製造装置。

【請求項 3 2】 少なくとも側面部がゴムからなり、上部が開放されかつ底を有するゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末のスラリーをゴムモールドに自然充填させるフィーダーもしくはスラリー成形体をゴムモールドに装填するローダー、ダイプレス、及び圧粉成形体をゴムモールドからの取りだし治具を順次配列したことを特徴とする永久磁石の製造装置。

【請求項 3 3】 少なくとも側面部がゴムからなり、上部が開放されかつ底を有するゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末のスラリーをゴムモールドに自然充填させるフィーダーもしくはスラリー成形体を

ゴムモールドに装填するローダー、ダイプレス、圧粉成形体をゴムモールドからの取りだし治具、及びゴムモールドを減圧処理するポンプを順次配列したことを特徴とする永久磁石の製造装置。

【請求項 3 4】 少なくとも側面部がゴムからなり、上部が開放されかつ底を有するゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末のスラリーをゴムモールドに自然充填させるフィーダーもしくはスラリー成形体をゴムモールドに装填するローダー、ゴムモールド内面を減圧処理するポンプ、ダイプレス、及び圧粉成形体をゴムモールドからの取りだし治具を順次配列したことを特徴とする永久磁石の製造装置。

【請求項 3 5】 少なくとも側面部がゴムからなりかつ、ゴムモールドの上蓋部もしくは底部の少なくとも一方の材料が、ゴムモールドがダイプレス機のダイに面する側方側のゴムよりも硬質であることを特徴とする永久磁石の圧粉体製造用ゴムモールド。

【請求項 3 6】 少なくとも側面部がゴムからなり、ゴムモールドの上蓋部もしくは底部の少なくとも一方の厚み (t) が式: $t \leq 16 h / D$ (ただし、h は圧粉体の厚み、D は圧粉体の断面積の正の平方根である) で表されることを特徴とする永久磁石の圧粉体製造用ゴムモールド。

【請求項 3 7】 圧粉体が中空体であり、ゴムモールドが中空部形成のために該ゴムモールドより硬質の材料からなるマンドレルを備えていることを特徴とする請求項 3 5 又は 3 6 記載の永久磁石製造用ゴムモールド。

【請求項 3 8】 前記ゴムモールドが内側面の末端部でかつ上面側および下面側の少なくとも一方において粉末側に湾曲した湾曲部を有することを特徴とする請求項 3 5 から 3 7 までのいずれか 1 項記載の永久磁石の圧粉体製造用ゴムモールド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は永久磁石の製造方法に関するものであり、さらに詳しく述べるならば、永久磁石粉末を磁界中で圧縮し配向することにより磁気特性を高め、モータ、発電機などの電気機器に広く使用される永久磁石を製造する方法に関するものである。さらに、本発明は永久磁石の製造装置およびゴムモールドに関するものである。

【0002】 永久磁石としては、c 軸方向に強い磁気異方性を有する $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ 、 $SrO \cdot 6Fe_2O_3$ などのマグネトプランバイト型六方晶、 $CaCu_5$ 型六方晶の c 軸方向に強い磁気異方性を有する $SmCo_5$ 合金、 Th_2Zn_{17} 型菱面体結晶または Th_2Ni_{17} 型六方晶の c 軸方向に強い磁気異方性を有する Sm_2Co_{17} 合金、および $Nd_2Fe_{14}B$ 型正方晶の c 軸方向に強い磁気異方性を有する $Nd_2Fe_{14}B$ 合金、 $Mn-Al$ (正方晶)、 $Mn-Bi$ (六方晶) など多数の材料があり、性能向上のために異方性化が通常行われている。

【0003】

【従来の技術】永久磁石粉末に最も普通に実施される異方性化の方法は、金属製ダイ中に充填した粉末に、粉末の粒子が回転できる状態で（パンチにより圧力が粉末にかかっていることもある）一定時間磁界をかけることによって配向させ、磁化容易方向を磁界の方向にそろえる方法である。この配向状態のままパンチによりダイ中で粉末をプレスして粉末を動かないように固定した圧粉体が得られる。これを樹脂で固め、あるいは磁石粉末と樹脂をダイプレスして固める樹脂ボンド磁石、または圧粉体を焼結する焼結磁石が製品化されている。

【0004】焼結磁石の製造法としては、薄いゴムモールドに粉末を詰め磁界中配向した後液体媒体中にゴムモールドを沈めて静水圧プレスを行い焼結を行う方法も知られている（「新時代の磁性材料」未踏加工技術協会編、1983年、2版、第44頁）。しかし静水圧プレス（CIP）は能率が悪いためにこの方法は工業的にほとんど実施されていない。

【0005】工業的によく使用される磁界中プレスには*

*図48に示すような垂直ダイプレスと図49に示すような平行ダイプレスがある。図中、1aは上パンチ、1bは下パンチ、2はダイ、3はプレスプランジャ、4は電磁コイル、5は磁石粉末、6は磁極である。

【0006】平行ダイプレスは扁平な磁石の主面に垂直な方向に異方性を有する異方性磁石の製造に使用され、垂直ダイプレスはブロック状等の磁化の方向の長さが十分に大きい比較的単純な形状の異方性磁石の製造に使用されている。最近の磁石の応用では、扁平形状を有し、主面に垂直方向に磁化される磁石の需要がほとんどである。そのため平行ダイプレスによる生産量は垂直ダイプレスによる生産量よりはるかに多い。特にフェライト磁石はほとんどが平行ダイプレスにより生産されており、垂直ダイプレスによる工業的生産は皆無に近いといえる。

【0007】垂直ダイプレスと平行ダイプレスにより得られた代表的磁石の代表的特性を表1に示す。

【0008】

【表1】 代表的磁石の平行プレスと垂直プレスの特性

| 磁石の種類 | 磁界と プレス方向 | Br (kG) | B_r (kOe) | H_c (kOe) | $(BH)_{max}$ (MGoe) |
|------------------------------------|--------------|------------|----------------|----------------|------------------------|
| Baフェライト乾式 | 平行 | 3.7 | 2.4 | 2.5 | 3.1 |
| | 垂直 | 3.8 | 2.3 | 2.4 | 3.3 |
| Baフェライト湿式 | 平行 | 4.1 | 2.1 | 2.2 | 3.8 |
| | 垂直 | 4.2 | 2.0 | 2.1 | 4.0 |
| フェライト乾式 | 平行 | 3.5 | 3.3 | 4.1 | 3.1 |
| | 垂直 | 3.6 | 3.5 | 4.0 | 3.3 |
| SmCo ₅ | 平行 | 8.5 | 8.2 | 15.5 | 18 |
| | 垂直 | 9.0 | 8.7 | 15.1 | 20 |
| Sm(Co-Fe-Cu-Zr) ₇ | 平行 | 10.1 | 9.1 | 10.5 | 24 |
| | 垂直 | 10.7 | 9.7 | 10.2 | 27 |
| Nd ₂ Fe ₁₄ B | 平行 | 11.2 | 10.5 | 12.4 | 30 |
| | 垂直 | 12.1 | 11.5 | 12.0 | 35 |

【0009】表1より磁界中配向法の相違により特性の相違が見られる。すなわち、平行ダイプレスにより圧粉された焼結磁石の磁気特性、特にBrおよび $(BH)_{max}$ は垂直ダイプレスのものよりも低くなっている。同じ磁性粉末を使用する限り、平行ダイプレスと垂直ダイプレスとの製法の相違による磁気特性の相違は再現性が良いので、磁石のメーカーはこれらのプレス方法ごとに規定し

た特性を仕様書やカタログに掲載している。

【0010】特公昭55-26601号公報によると、金型中にあらかじめ成形したゴム容器を入れ、このゴム容器中に希土類コバルト合金粉末を入れてから、平行ダイプレスする方法が提案され、ゴム容器を圧力媒体として使用する方法によると平行ダイプレスでも、垂直ダイプレスと同様にまで磁気特性が向上することが謳われて

いる。また、同公報ではこの方法はフェライト磁石の磁気特性はむしろ悪くなるとの説明がある。

【0011】表1で「フェライト湿式」とあるのは湿式プレスにより磁界中配向した粉末を焼結した磁石を意味する。フェライト磁石では、30~40%の水を含むスラリー状の粉末を磁界中で成形する湿式成形技術がよく使われている。その理由はスラリー中では磁性体粉末が回転しやすいので、磁界中で配向したとき、乾粉を使用するより高い配向率が得られるからである。湿式成形によるフェライト磁石の利点は乾式成形のものより B_r が高く、 $(BH)_{max}$ も大きいところにある。湿式成形のもう一つの利点は、粉末の各プレス機のダイ中への充填が自動化しやすい点である。このような理由からフェライト磁石では、湿式成形が乾式成形より多く行われている。

【0012】ここで、フェライト磁石の湿式磁界中ダイプレス成形の具体的方法に言及すると、スラリーはダイ側面の孔からダイ中に注入され、上パンチ吸引口に取り付けた紙や布の一重又は多重のフィルターを使用して、下パンチによる圧縮と上パンチからの真空吸引により、水分が吸引され成形される。紙などのフィルターは目詰まりのため1回又は数回のプレスごとに交換される。

【0013】希土類磁石粉末は、フェライト磁石粉末とは異なって水により酸化されやすいので、スラリー化のために水よりも有機溶媒が使用される。しかし有機溶媒は燃えやすく取扱が難しいので、希土類磁石では主として乾式成形が使用される。特公昭60-24758号公報は、ゴム等の弾性体のほぼ中心に穴をあけ、ここに磁性粉末を挿入・充填し、該弾性体の周りに設けられた多軸パンチにより等方性加圧を行い、加圧と同時に磁界を作用させる異方性磁性体の製造方法を提案している。しかしながらこの方法を実施するには六軸パンチが使用されており、通常の上下パンチを有するダイプレス機よりも設備コストが著しく高くなり、異方性磁性体の価格も高くなる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】前掲特公昭55-26601号公報の方法は、ゴムを圧力媒体として使用する磁界中配向成形により、平行ダイプレスでも垂直ダイプレスと同等の磁気特性をもつ希土類-コバルト永久磁石の製造を可能にする。この方法では永久磁石粉末は、予めダイプレス機の金型中にセットされたゴムモールドに入れられるから、ゴムモールドに自然充填される。その場合の密度は約18%（希土類-コバルト合金の密度を100%とする）以下となる。このような粉末を、密度が通常50%程度である圧粉体に圧縮すると、ダイプレス機内で圧粉体が割れてしまうか、あるいはゴムモールドが圧縮中に不均一変形し、その形状の設計変更によっては修正できない程度に圧粉体が変形してしまうことが分かった。ここで、磁石粉末の磁界中配向は、粉末の充

填密度に非常に敏感であり、自然充填よりも密度が高くなると、磁界中配向が困難になることが知られている。したがって従来はシェーカーなどを用いて18%以下の低密度に永久磁石粉末が充填されていた。

【0015】本発明者は、ネオジウム磁石およびフェライト磁石についてもゴム容器を使用する上記公報に示された方法を応用して、試作を行った。すなわち、ゴムをダイプレス機のパンチにより圧縮して、ゴムの弾性変形による加圧力及びパンチによる加圧力を利用して、ゴム内に充填した永久磁石粉末を磁界中で圧縮成形したところ、自然充填後に圧粉を行うと同様に必ず割れ又は圧粉体の変形が生じることを見出した。

【0016】前掲表1を引用して説明したように、現在のところ工業生産された磁石では、平行ダイプレスは垂直ダイプレスより磁気特性が劣るとの認識が一般的であり、前掲特公昭55-26601号が教示する垂直ダイプレスなみの磁気特性を有する平行ダイプレス製品は市場には提供されていない。この原因は同公報に記載された方法では割れ又は変形が生じて、製品が得られないことに関係すると考えられる。

【0017】したがって、本発明は、磁界中配向成形工程においてゴムの弾性を利用して永久磁石圧粉体の配向度を高めることにより優れた磁気特性を得るとともに、割れや、ひび、かけなどが発生させないで永久磁石圧粉体を得ることができる方法を提供することを第一の目的とする。

【0018】さらに、従来の磁界中配向ダイプレス法では、磁界を永久磁石粉末に印加するタイミングと、該粉末を圧縮するタイミングを調節する必要があるため、単なる成形用ダイプレスよりも制御が複雑になっていた。したがって、本発明はダイプレス法の制御を単なるダイプレス法と同様に単純にしつつ異方性を有する永久磁石を得るとともに、望ましくは従来の磁界中配向成形法によるよりも配向性にすぐれた永久磁石を得ることができる永久磁石の製造方法を提供することを第二の目的とする。

【0019】さらにまた、前掲特公昭55-26601号の方法は、ゴム容器はCIPの圧力媒体に換わるものとして説明されているために、磁性粉末を完全に取り囲んでいる。したがって、このようなゴム容器は湿式ダイプレスに応用することができない。よって、本発明は、湿式法による磁界中配向成形工程においてゴムの弾性を利用して永久磁石圧粉体の配向度を高めることにより優れた磁気特性を有する永久磁石を得るとともに、割れや、ひび、かけなどが発生させないで永久磁石圧粉体を得ることができる方法を提供することを第三の目的とする。

【0020】さらに、前掲特公昭55-26601号の方法は、ゴム容器をあらかじめダイプレス機内に入れ、そのゴム容器内に磁石粉末を入れるから、磁石粉末を入れ

るときにダイプレス機のパンチ、パンチの昇降を案内する柱などが粉末装入するフィーダーの邪魔になるために能率が悪い。また、給粉、成形、圧粉体の取り出しの一サイクルが終わるまで、次のサイクルを実施することができない。よって上記の方法は多数の磁石を連続生産するには適していない。したがって、本発明は、磁界中配向成形工程においてゴムの弾性を利用して永久磁石圧粉体の配向度を高めることにより優れた磁気特性を有する永久磁石を連続生産するのに適する方法ならびに装置を提供することを第四の目的とする。

【0021】加えて、本発明者はゴムの弾性変形を利用した磁界中配向成形を実施したところ、ゴムモールドの構造により圧粉体の変形程度及び割れ発生の有無がかなり影響されることを見出した。したがって、本発明は上記方法を実施するに適するゴムモールドを提供することを第五の目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明に係るダイプレス機により永久磁石粉末の磁界中配向成形を行う工程を含む永久磁石の製造方法においては、永久磁石粉末をダイプレス機外でゴムモールド内に加振及び／又はプッシャーによる押圧によって高密度に充填するか、あるいは永久磁石粉末の予備成形体をダイプレス機外でゴムモールドに装填し、その後永久磁石粉末が充填もしくは装填されたゴムモールドをダイプレス機内に配置し、ダイプレス機のパンチにより前記ゴムモールドおよび永久磁石粉末を圧縮して永久磁石粉末の配向圧粉体を得、第一の目的を達成する。ここで言う「ダイプレス機外で」とは、ゴムモールドがダイプレスのパンチの軸方向位置からずれた位置にある状態を指し、必ずしも完全にパンチ、ダイ、ダイホルダー、ラムなどから構成されるダイプレス装置の外に出ていなくともよい。また、ここで言うゴムモールドは少なくとも側面がゴムからなるモールドである。又、本発明におけるゴムモールドは、モールドと一体になった底部を有するか、あるいは下パンチもしくは片閉じダイの底部が底部の役割を担うモールドである。さらに本発明のゴムモールドは取り外し可能でありかつ金属、ゴムなどの材料からなる上蓋を有することがあるが、その場合ゴムモールドには上蓋も一部として含まれる。

【0023】従来法による永久磁石粉末を自然充填する方法をゴムモールドに適用すると、充填密度は希土類-鉄-ほう素系磁石及び希土類-コバルト磁石では18%以下、フェライト磁石では16%以下である。これらの磁石の粉末は磁気特性を充分引き出すために、一般の金属材料に比べると非常に粒径の細かい粉末であるために、流動性が極めて悪い。一般材料では流動性を改善するために相当量の潤滑剤を添加することができるが、磁石材料では炭素等の残留が磁気特性に悪影響を及ぼすため、潤滑剤が添加されるとしてもその量は極めて僅かで

あり、粉末の流動性を改善できない。従って一般材料では粒径を粗くしたり、潤滑剤を添加することにより流動性を改善して、自然充填でもある程度までの高密度化が可能であるが、磁石材料では上述の理由により止むなく流動性の悪い粉末を使うことになるため、普通充填により上述の値の充填率となる。

【0024】ゴムモールドを使用するダイプレス法において、かかる自然充填密度に粉末を充填した場合割れが発生する原因について図50を参照して説明する。磁石は扁平形状を有する磁石の例について説明する。この場合希土類コバルト磁石では充填密度は11~13%程度になる場合が多く、粉末の圧縮成形による寸法収縮率は30~40%もの多きに達する。するとゴムモールドの部材10s、10k、10u相互間及びゴムモールド10と金型間に働く摩擦力等のためにゴムモールド10は図50の(c)に示すように大きく変形する。この変形のうちゴムモールドの蓋部10uおよび底部10kに生じる不均一変形dyはパンチによる加圧方向と平行方向の亀裂5dの発生を助長し、ゴムモールドの側方部に生じる不均一変形dxはパンチによる加圧方向と垂直方向の亀裂5eの発生を助長する。また上記の不均一変形dxは成形体のエッジ部に激しい「象の足」変形を発生させる。

【0025】磁界中配向成形を行った磁石の圧粉成形体では、磁界中配向成形後の脱磁が不十分であると、成形体に磁化が残留し、これによる静磁エネルギーによって圧粉成形体内部に応力が発生する。そのために、圧粉成形体に例え僅かな亀裂が発生しても、この応力によって亀裂が急速に拡大し圧粉成形体が破片に割れてしまうことがある。このような割れはゴムモールドを使用する永久磁石粉末のダイプレスでは非常に起こりやすくなる。特に「象の足」変形を生じた圧粉体のエッジ部では特にこのような残留磁化による亀裂が発生しやすい。

【0026】本発明においては、こうしたゴムモールドの不均一変形と残留磁化に基づく割れや変形などを防止するために、自然充填よりも高密度に充填する必要がある。高密度充填された永久磁石粉末は磁界中配向成形工程での圧縮量が通常の方法よりも少なくなるためゴムモールドの不均一変形が少なくなり、圧粉成形体の割れ及び形状不良が防止される。又、配向に関しては後述する圧縮成形前の磁界印加及びパンチの移動方向と直交方向のゴムの変形により、改善が見られる。したがって高密度充填であるにもかかわらず、従来の磁界中ダイプレス以上の配向性が得られる。

【0027】高密度充填のためにはゴムモールドに自然充填された永久磁石粉末に振動を加えることにより、あるいはゴムモールドを振動させながら永久磁石粉末をゴムモールドに給粉することにより密度を高める。あるいはゴムモールドに自然充填された永久磁石粉末をプッシャーで押しあるいは突き固めることにより充填密度を高

める。又は、加振後プッシャーによる押圧を行い充填密度を高めることもできる。

【0028】本発明において充填の「高密度」とは磁石の材質の種類にかかわらず自然充填密度の1.2倍より大の値である。自然充填密度は主として磁石粉末の粒径により定まるが、粒径3~4 μ mの希土類磁石では14%であり、粒径が約0.7 μ mのフェライト磁石では12%である。充填密度は、好ましくは、希土類-鉄-ほう素系磁石及び希土類-コバルト磁石では25%以上であり、フェライト磁石では20%以上である。より好ましい充填密度は29%以上である。ただし、充填密度が50%を超えると通常の磁界強度では配向できなくなるので、充填密度は50%以下が好ましい。

【0029】上記高密度充填法以外に永久磁石粉末の予備成形を行い上記した「高密度」を有する予備成形体を作ることにも可能である。この方法は、ダイプレス機などの加圧機を使用し、永久磁石粉末を圧粉することにより密度を高めるが、通常の圧粉体よりは低い密度の状態での加圧を行う方法である。予備成形体の密度は希土類磁石では25~50%、フェライト磁石では20~50%であることが好ましい。

【0030】続いて、図1を参照して加振方法を具体的に説明する。粉末受け皿90からあらかじめ重量を測定した永久磁石粉末5（以下「粉末5」という）をガイド枠100を上部に固定したゴムモールド10に自然充填する（図1の（a）参照）。粉末5はゴムモールド10の上面よりさらに上方まで堆積する。続いてゴムモールド10を加振機41の上に載せ、振動を加える（図1の（b）参照）。加振機41としては電磁式もしくはクラシク式加振機などにより水平方向又は上下方向の振動を発生するものを使用することができる。振動の周波数は特に限定されないが、例えば1~60Hzである。加振は給粉時より行ってもよく、また給粉終了時以降に行ってもよい。

【0031】その後、粉末5がゴムモールド10よりさらに上方に盛り上がっている時は、プッシャー121により粉末5の上面をゴムモールド10の上面まで押し下げる（図1の（c）参照）。続いて、プッシャー121及びガイド枠100をゴムモールド10から引上げる（図1の（d）参照）。

【0032】さらに、予備成形体の製造方法の具体例を図2を参照して説明する。予備成形体を作る加圧機は、ダイ125、可動式底板からなるダイ底部126、パンチ128より構成される。粉末受け皿90からあらかじめ重量を測定した粉末5をダイ空間に自然充填し（図2の（a）参照）、15kg/cm²~100kg/cm²程度の圧力で圧縮する（図2の（b）参照）。その後加圧機の下方にゴムモールド10を搬送し、ダイ底部126を引き抜き、パンチ128を更に押し下げて、ゴムモールド10内に予備成形体129を落下させる（図2

の（c）および（d）参照）。予備成形体129の寸法はゴムモールド10の内法寸法より小さくすることが、パルスの撃力を予備成形体129に効率的に加えるために好ましい。

【0033】図1及び2に示されたような粉末の高密度化およびゴムモールドへの充填を磁界中配向成形を行うプレス機外で行うことによりプレスのアイドルタイムを少なくして、生産性を高めることができる。図1、2とは異なり、ゴムモールド10をダイと一体にして、ダイプレス機外にて粉末の充填あるいは予備成形体の装填を行い、その後ダイをダイプレス機にセットしてもよい。

【0034】ゴムモールドは、一体もしくは分割型の連続体である必要がある。ゴムモールドの間に摩擦力が生じ変形が不均一になる場合もあり、これが好ましくない場合もあるが、ゴムモールドをダイ中にセットすることを容易にするために、その側方部を数個の部分（10a、10b）に分割し、ダイ中で接触し連続体となるようなゴム型を使用してもよい（図3参照）。能率上は好ましくはないが磁石粉末と直接接しない部分では一部に粒状、液状、ゲル状、粉末状ゴム10cを使用してもよい（図4参照）。ゴムモールドを配置するダイ空間内の位置は製造する製品の形状に依存して粉末にできるだけ均一な圧縮力が働くように工夫する。例えば、図5に示すようにゴムモールド10の内部に設けた空洞部10eに、水、油、液状ゴムなどを入れ、ゴムモールド10内部の応力を均一化してもよい。

【0035】また、最も一般的な円盤状異方性磁石の場合は、ダイの内周壁に接するようにゴムモールドを配置すると、パンチ1の圧縮力により放射方向内向きの強い圧縮力が発生する。この場合ゴムがダイに対して滑り、十分に圧縮変形するように両者の間に潤滑剤、減摩剤などを配置することが好ましい。

【0036】図1に示すようなゴムモールドでは図6に示すように圧粉体5'の上下エッジに「象の足」5aが発生するときは、図7に示すようにゴムモールド10bの上下端にテーパ10fをつけてもよい。図中、10kはゴムモールドの底である。

【0037】なお、ゴムモールド内面にはBN（ボロンナイトライド）等の潤滑剤を塗り、磁性粉末とゴムモールドとの付着力を減少させ付着から起こる割れを防止することができる。さらにゴムモールドの内壁を薄いゴムで覆ったゴムモールドを使用すると、圧縮力開放の時圧粉体にかかる応力を弱め、割れを防止することができる。

【0038】磁界中配向成形は通常の方法のように、8~12kOeの静磁界強度の磁界を粉末に加え、その後消磁することにより行われる。

【0039】続いて、好ましい圧縮条件を説明する。パンチの移動方向と直交する面の粉末の圧縮比A₁はパンチの移動方向の圧縮減面率はパンチの移動方向の圧縮比

S_0 (=パンチの移動方向の寸法減少量/変形前の寸法) に対して以下の範囲にあることが好ましい。

【0040】(a) 平行ダイプレス

$0 < A_1 \leq 6 S_0$ より好ましくは

$0.4 S_0 \leq A_1 \leq 4 S_0$ である。

さらに好ましくは $S_0 \leq A_1 \leq 3.6 S_0$ である。圧縮比とは圧縮前磁性粉体の平均寸法に対する圧縮後の磁性圧粉体の平均寸法変化量の比率である。圧縮減面率とは圧縮前磁性粉体の断面積に対する圧粉体の断面積減少量の比率である、 $A_1 < 0.4 S_0$ であると顕著な磁気特性向上効果は得られない。しかしこの範囲であっても異形品や超薄物品の成形ができるという利点はある。 $0.4 S_0 \leq A_1$ より好ましくは $S_0 \leq A_1$ であれば顕著な磁気特性向上効果が得られる。一方、 A_1 があまり大きすぎると過大なプレス圧力を必要とし、実際的ではない。 $A_1 \leq 6 S_0$ 、好ましくは $A_1 \leq 4 S_0$ 、より好ましくは、 $A_1 \leq 3.6 S_0$ が望ましい。また、パンチの移動方向と垂直な方向のゴムの厚さが 0 でない有限の値をとれば、原理的に A_1 は必ず 0 よりは大きくできるが、ゴム厚の絶対値が小さくなりすぎるとプレス時にゴムモールドが挫屈して成形ができなくなる。ゴムの弾性率を考慮して、挫屈を起こさずかつ A_1 が好ましい値の範囲に入るよう適切なゴム厚を選択する必要がある。

【0041】(b) 垂直ダイプレス

$0 < A_1 \leq 4 S_0$ 、好ましくは、 $0 < A_1 \leq 3 S_0$ より好ましくは、 $0 < A_1 \leq 2.4 S_0$

垂直ダイプレスにおいては、ゴムモールドと成形体の間に間隙が生じるために、ゴムモールドから成形体を取り出す時の摩擦が少なくなり異形品や超薄物などこれまでダイプレスでは困難であった形状の成形体を製造できる。また平行プレスの場合と同様、ゴムモールドの挫屈を起こさずに A_1 を好ましい範囲に入れるためにゴム厚を選択する必要がある。 A_1 が大きすぎると過大なプレス圧力が必要なのは平行ダイプレスの場合と同じである。但し、直角プレスでは A_1 が大きいと磁気特性の向上が顕著でなくなるので、 A_1 の上限値は上記のように平行プレスの場合より低く限定される。

【0042】パンチの圧力は $50 \text{ kg/cm}^2 \sim 5000 \text{ kg/cm}^2$ の範囲が一般に好ましい。より好ましいパンチの圧力は $100 \text{ kg/cm}^2 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$ の範囲である。この値は従来のダイプレスの値と一部重複しているが低くなっている。これはゴムの使用によりモールド全周から粉末に圧力が加えられるために、高密度化が容易に進行するためである。永久磁石の形状、寸法は特に制限がなく、腕時計用ロータ磁石、電子シリンダー錠等の超小型磁石や、OA機器のステッピングモータ、ビデオカメラ用直流モータ、ロボット用アクチュエータなどの超薄型磁石などの小型磁石から、MRI (magnetic resonance image) などの大型磁石を本発明により製造することができる。

【0043】さらに図 8～10 に示すように弓形圧粉体

を作ることもできる。図 8 はゴム型の全体図、図 9 はゴム型の断面図、図 10 は弓形の圧粉体をそれぞれ示す。上下パンチ (図示せず) はゴムモールド 10 の上下面と同じ形状の凹面および凸面をそれぞれ有する。さらにまた、角柱状圧粉体を作る外形が円筒形のゴムモールド 10 (図 11)、カマボコ型 (すなわち上下面のいずれかが湾曲した直方体) 圧粉体をつくるゴムモールド (図 12)、角錐台形を作るゴムモールド (図 13)、溝付き平板型ゴムモールド (図 14) を示す。

10 【0044】ゴムモールドの設計は、複雑な形状の圧粉体の場合、より単純な類似形状のゴムモールドで得られたゴムモールドの寸法と圧粉体のデータを基に、該複雑な形状の圧粉体を成形するコンピューターシミュレーションにより設計される。また単純な形状で、しかもゴムモールドの外形状と圧粉体の外形状が同一の場合は以下に示すような簡単な設計方法で大まかな寸法を予想できる。

【0045】ゴムモールドの簡易設計においては、プレス前後でゴムの体積は不変であり (前提 1)、またプレス前の磁性粉末のかさ密度対圧粉成形体のかさ密度が一定比率である (前提 2) ことを前提としてゴムモールドの大体の寸法を設計することができる。図 15 に示すようなリング状ゴムモールド側方部 10s を使用し、円盤状成形体 11 を圧粉する場合、前提 1 より、 $y \pi \{(x_0/2)^2 - (x_1/2)^2\} = Y_0 \pi \{(X_0/2)^2 - (L_0/2)^2\}$ となる。

【0046】前提 2 は未造粒の乾式フェライト粉末の場合およそ 1.9 : 1 となるので、

$y \pi (x_1/2)^2 : Y_0 \pi (L_0/2)^2 = 1.9 : 1$

30 である。これら二つの式より作成したい圧粉成形体のゴムモールド側方部 10s の大体の寸法を設計することができる。設計後数回圧粉体の試作を行い、圧粉体のゴムモールドからの取り出し易さ、圧粉体の寸法精度、ゴムモールドの変形、ゴムモールドの固さなどを考慮してゴムモールド側方部の寸法を調整する。

【0047】本発明に使用するダイプレス機は、油圧プレスでも機械プレスでもよく小型の手動式ダイプレス機から大型の自動ダイプレス機まであらゆるダイプレスを使用することができるが、上下シリンダーが同時に動き同時に加圧する両押し型のダイプレス機や上下シリンダーの一方のみが動くがシリンダーの動きに合わせてダイが動くダイフロート型ダイプレス機もしくはウィズドローアル型プレス機を使用することが好ましい。

【0048】以上説明したゴムモールドがパンチの移動方向と直角方向に変形することにより永久磁石粉末の配向度は高められる。配向度は一般に $B_r / 4 \pi I_s$ (ただし、 B_r は残留磁束密度、 $4 \pi I_s$ は飽和磁束密度) である。

50 【0049】以下、原則として請求項の順に本発明の構成及び作用を説明する。請求項 2 の方法は、ゴムモールド

ドに充填された永久磁石粉末または装填された永久磁石粉末の予備成形体に、磁界中配向成形工程前に、磁界を瞬間的に印加するかあるいは磁界中ダイプレスより高い静磁界を印加することを特徴とする。すなわち、この方法によれば、乾式成形法においてゴムモールドの開放部からゴムモールドに永久磁石粉末を充填し又は永久磁石粉末の予備成形体を装填した後、ゴムモールドに蓋をし、該粉末に磁界を印加し、その後上記本発明法により磁界中配向成形を行う。

【0050】磁石粉末を著しく高密度にゴムモールドに充填すると、充填密度が高くなればなるほど、特に29%以上では粉末粒子間に働く摩擦力が大きくなり、通常の磁界中ダイプレス法で使用されている静磁界(8~12kOe)では摩擦に打ち勝って粉末を配向させるのに十分な回転力を与えることが困難になる。この結果圧粉体の配向度は低下する。請求項2の方法では、ゴムモールドを磁界中配向成形する前に、ゴムモールド中の磁石粉末に瞬間的磁界をあるいは磁界中配向成形工程よりも高い磁界を印加することによって粉末に十分な回転力が発生され、粉末の配向状態を変える。磁石粉末はその後ダイプレス機でゴムモールド内で再び磁界を印加されるが、そのときは充填密度が例えば29%以上と著しく高くとも、極めて良好な配向度が再現性よく得られる。配向度を向上させるためには、予備磁界印加における回転力は撃力として与えることが好ましい。磁界は5kOe~100kOe、好ましくは10kOe以上、特に15kOe以上の高磁界を1μsec~1secのパルスとして少なくとも1回、好ましくは2回以上磁石粉末に印加することが望ましい。またパルス磁界は立ち上がりの磁界の強さ変化が急激であることが重要であり、所定強度に到達後は磁界強さは一定でもあるいは徐々に減少してもよい。

【0051】また、著しく高い密度に充填された粉末をそのまま圧縮すると粉末の変形が不均一になるが、上記のように事前に磁界を印加することにより、粉末は解砕され、粉末が充填時される時にゴムモールド内において局部的に粗密がある充填状態から均一な充填状態に変化する。粗密がある充填状態ではダイプレスにおいて変形する時に、成形体が鋭いコーナーを有する等不均一変形を起こしやすい形状であるときは、割れや欠けが圧粉体に起こり、また焼結体の変形が起こって機械加工の削り代を多く取らなければならないなどの問題が起こる。しかし均一充填状態の粉末をゴムモールド内で変形することはこの問題の対策として有効である。

【0052】以上請求項2に関連して述べた方法は予備成形体にも同様に当てはまる。予備成形体は磁石粉末の加振装置よりも高価な装置を使用するので、粉末の密度を高めることによって割れや欠けなどを出来るだけ起こさないようにすることが望ましいが、そうすると配向度の低下が起こるので、この対策として予備磁界印加が有

効である。

【0053】請求項2の方法を実施する装置の具体例を図16を参照して説明する。図の右半分に示されるのは磁石粉末を充填しダイプレスに挿入するためのラインであって、4aはダイの外で磁石粉末を解砕し、配向するパルスを発生させる電磁コイル、40はコンベヤー、41はコンベヤー40の裏側に摺動可能に接触している加振機、42は磁石粉末のフィーダーである。加振機41はゴムモールドの側方から接触させてもよい。このラインでは、先ず、停止したコンベヤー40の上に載せられた底付きゴムモールド10iに磁石粉末5をフィーダー42から注入し、注入と同時に加振機41により底付きゴムモールド10iを揺すって、磁石粉末5の充填密度を高める。矢印方向にコンベヤー40が回転すると、底付きゴムモールド10iがゴム蓋10hのセット場所まで移動し、次にコンベヤー40が停止し、油圧シリンダー52のピストンロッド53が下降し蓋を底付きゴムモールド10iに嵌込む。さらにコンベヤー40が回転すると、ゴム蓋10h付きゴムモールド10i(以下、ゴムモールド10h, iという)は磁界コイル4a、4aの中間に移動し、そしてパルス磁界が磁石粉末5に印加される。配向された磁石粉末5を入れたゴムモールド10h, iはコンベヤー40およびダイ2の上部と同じレベルに設けられた台44の上を、図示されないプッシュロッドなどによりダイ2に向かって滑って行く。以上の一連の操作の所要時間は例えば以下のとおりである。

【0054】(イ) フィーダー42からの注入: 0.5~30秒

(ロ) 加振: 1~30秒

(ハ) コンベヤー回転(フィーダー42から油圧シリンダーの位置への移動): 1~10秒

(ニ) 蓋10hの嵌込み: 1~30秒

(ホ) コンベヤー回転(油圧シリンダーから電磁コイルの位置への移動): 1~10秒

(ヘ) パルス磁界印加: 1~10秒

(ト) コンベヤー回転(電磁コイルからダイ2への移動): 1~10秒

【0055】以上の一連の操作(イ)~(ト)は制御ユニット50によりタイミング及び所要時間が制御される。すなわち、(イ)、(ロ)、(ニ)、(ヘ)の操作中はコンベヤー40が回転しないように、コンベヤー40が停止してからこれらの操作が開始するように、制御ユニット50は指令を発する。また、(ハ)、(ホ)、(ト)のコンベヤー回転は同期して行うことが必要である。上述の例では(ヘ)の所要時間が最短であるので、最長の(ロ)が終了するまで(ハ)のコンベヤー移動は開始しない。このような待機と同期運動の指令も制御ユニット50が行う。

【0056】図16において、51はフィーダー42の内部に設けられたスクリーロッド(図示せず)を回転

させるモーターである。制御ユニット50からの指令によりモーターはスクリーロッドを所定数回転させ、スクリー間隙に巻き込まれた粉末が回転量に応じてゴムモールド内へ定量供給される。55はパルス励磁電源であり、制御ユニット50により、設定された電力、所望時間およびタイミングでパルスを発生する。

【0057】モーターが所定量回転し終わると同時にフィーディング終了信号を発生させ、制御ユニット50に送る。フィーディング終了信号が制御ユニット50に入力されるとコンベヤー40が移動可能になる。41、54、55からも該当操作の終了信号が制御ユニット50に入ると、コンベヤー50は矢印の方向に所定距離移動し、停止する。なお、コンベヤー40を複数の金属チェーン又はベルトを配列して構成し、二つのチェーン間に設けた電磁スイッチあるいは誘電率のセンサーなどがゴムモールド10h、iを機械的にあるいは物理的に検出した時にコンベヤー40を停止させると、ゴムモールド10h、iが所定位置に正確に停止する。ダイプレス後はゴムモールド10h、iは下パンチ1bにより押し上げられ、図の紙面と直交方向のコンベヤーによりダイプレスから搬出される。

【0058】請求項3の方法は請求項2の磁界印加を行い、ダイプレスではゴムモールドを使用して高密度充填粉末もしくは予備成形体の無磁界中成形を行うことを骨子とする方法であり、ダイプレス機(図16参照)をコイル4およびその励磁電源が無いものとするか、あるいはこれらを消磁用の低磁界用とした単純なプレス機として第二の目的を達成するものである。この方法によれば、ダイプレス機の構造は単純になり又ダイプレスの能率は高められる。また、成形時に磁界を印加しないので、プレス時間を短縮できる。消磁も同様に省略することは可能であるが、成形体に磁化が残留するために割れなどに影響するその形状・寸法を考慮して消磁を省略するか否かを定める。

【0059】請求項3において無磁界中成形とは、ダイプレス機に隣接するパルス磁界発生装置や電源、電動機などによる漏洩磁界や地磁気等による不可避的磁界は磁石粉末にかかっているが、配向のためのコイル4などの手段を使用しない成形法を意味する。

【0060】上記の方法では、ゴムモールドを使用する、パンチの移動と直行方向の圧縮により、パルスによる解砕時の予備配向が乱れ難いので、プレス時に配向のための磁界を粉末に印加しなくとも、従来の平行ダイプレスによる磁石製品とは同等の十分な磁気特性が得られる。すなわち、磁界配向の方向がパンチの移動方向と同じ場合、粉末の粒子は上下パンチにより座屈させられるような力を受ける。本発明ではパンチの移動と直交方向の圧縮力がかかる座屈を妨げるように、すなわち粉末粒子を上下パンチの方向に維持するように、働くので、従来の平行ダイプレスよりも良好な配向性が得られる。な

お圧縮中に磁界を印加すると良好な配向性がばらつくことなく安定して得られる。

【0061】以下、請求項4以降のダイプレス法を説明するが、これらの方法は特に断らない限り、磁界中ダイプレス法にも無磁界中ダイプレス法の何れにも適用される。

【0062】請求項4記載の方法では、ゴムモールドと、上下パンチのいずれか一方の間に前記ゴムモールドよりも硬質の弾性体からなるバックアッププレートを設置する。バックアッププレートの使用例を図17により説明する。ダイ2中に配置されたゴムモールド10を直接パンチ1a、1bで加圧すると、特にゴムが軟質の場合はゴムがダイ2とパンチ2a、2bの隙間に塑性流動して(図17の(a)の矢印参照)、噛み込みを生じる。この結果、パンチ1a、1bがダイ2から抜き取りにくくなり、またゴムモールド10が損傷する。したがって、図17の(b)に示すように、ゴムモールド10と、上パンチ1aと下パンチ1bの両者の間にゴムモールド10よりも硬質のゴムからなるバックアッププレート12を配置すると、パンチ1aおよび1bによる圧下によってバックアッププレート12が弾性変形して、パンチ1a、1bとダイ2の間の隙間をシールする。また、バックアッププレート12は上パンチ1aにのみ取り付けてもよく、図17の(c)に示すように、上下パンチ1a、1bのエッジに窪みを設けて、そこにリング上のバックアッププレート12を取り付けてもよい。

【0063】バックアッププレート12は図17の(d)のようにゴムモールドの外周部上下端にリング状のものをはめ込んでよい。図18は本発明の実施例に係る装置の平面図、図19は図18の側面図、但し一部断面図である。この装置では、ダイを円盤状回転ダイ2aとし、穿設した複数個(図面では2個のみが示されているが3個以上でもよい)の円筒形孔部により形成し、それぞれのダイが円形経路に沿って移動するように回転ダイ2aをモーター91により回転させ、上下パンチ1a、1bをダイ内に上下から挿入する第一の位置P₁に設け、第二の位置P₂で回転ダイに磁石粉末をゴムモールドとともに挿入するモールドローダー70を設け、さらに、第三の位置P₃において回転ダイ2aから圧粉成形体を包含するゴムモールドを取り出す取出器78、84を設けている。回転ダイ2aはモーター91によりP₁、P₃、P₂を順次循環される。

【0064】円盤ダイ2aはすべてが高価なダイス鋼でなくパンチと接触する周囲だけ使用すればよく、他は軽量化低コスト化の為に、その一部をプラスチック、鉄等を使用できる。モールドローダー70は2基のシリンダー71、80により駆動される。シリンダー71は先端に吸引口を取り付けた中空ロッド79を前進後退させる。図19の位置では右側に示されたゴムモールド10がダイ中に挿入されている。シリンダー80はそのピス

トン82に固着されたシリンダー71を全体として昇降させる。上昇状態では、吸引口はコンベヤー40上でゴムモールド10を吸引し、その後上昇状態のままピストン79が前進し、ダイの上方まで移動する。その後シリンダー71は下降し、ダイ中にゴムモールド10を挿入する。76、81は油圧ユニットである。75は固定カムであって、回転ダイ2aが回転すると、ダイ中に設けられた昇降底2dが固定カム75の上面輪郭に沿って図20に示すように摺動する。すなわち、まずプレス中にはダイは固定カム75からは完全にはなれているが

(a) 図参照)、次に固定カム75の裾の部分に乗り
(b) 図参照) さらに山の斜面に沿って上昇し
(c, d 図参照)、頂上の平坦部に達すると、圧粉成形体を内部に配置したゴムモールド10は回転ダイ2aの上面と同じレベルに達する(e) 図参照)。この時ゴムモールドは第三の位置P3に達している(図19参照)。その後再び昇降底2dは下降するので、未成形の磁石粉末をダイに受け入れできるようになる(f) 図参照)。

【0065】第二の位置P2 近傍に末端が位置する第一のコンベヤー40を設け、第一のコンベヤー40により磁石粉末を充填したゴムモールドを搬送する。第一のコンベヤー40の所定位置にパルス磁界発生器4aを設け、別の位置に底付き型に蓋を押圧するモールドローダー70を設け、さらに別の位置に磁石粉末末のフィーダー42を設ける。

【0066】第三の位置P3 近傍に末端が位置する第二のコンベヤー140を設けている。ゴムモールド10は回転ダイ2aの回転運動によってゴムモールド回収板78に沿って案内され、さらに固定式の台84上を若干滑って第二のコンベヤー140上に受け渡される。

【0067】請求項5記載の方法では、ゴムモールドに希土類永久磁石粉末を不活性ガスの存在下で充填または装填することにより、粉末の酸化を防止する。この実施態様では図1及び2に示す工程を図21の(a)に示すように不活性ガスを充滿したチャンバー95内で行う。その後、図21の(b)に示すようにゴムモールド10をダイプレス機にセットし、ダイプレスを行い、(c)に示すようにダイプレス機からゴムモールド10を取り出す。このようにすると、酸化し易い希土類粉末の酸化を避け、磁気特性を良好に保つことができる。この方法は、無酸素雰囲気中でジェットミル粉碎した磁石粉末に提供すると格段の利益が得られる。この粉碎法は、酸素量を検出限界以下にしたN₂ 雰囲気を使用するので得られた粉末は酸素量が低く、すぐれた磁気特性を発揮する可能性はあるが、一方で極めて活性であり空气中で直ちに発火し、取り扱いが困難である。

【0068】請求項5の方法によると、かかる高活性粉末を利用しそのすぐれた磁気特性を引き出すとともに、ゴムモールドの変形による磁気特性向上の効果と相まっ

て、極めて良好な磁気特性を得ることができる。

【0069】以上の方法によって得られた圧粉体に公知の方法で焼結を施し、必要により熱処理も施して、焼結永久磁石を製造することができる。また、樹脂と磁石粉末を圧粉することによって樹脂結合磁石を製造することができる。

【0070】請求項8記載の方法では、ゴムモールドへの永久磁石粉末の高密度充填、磁界印加、ダイプレス、及び圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを搬送する周回経路で順次繰り返し行う構成とし、請求項29の装置では、ゴムモールドを周回させる経路に沿って、永久磁石粉末をゴムモールドに供給するフィーダー、プッシャー、磁界発生器、ダイプレス、及び圧粉成形体をゴムモールドから取り出す治具を順次配列した構成とし、第四の目的を達成する。また、請求項30の装置では、プッシャーに代えてもしくはプッシャーとともに加振気を前記フィーダーの位置もしくはフィーダーと磁界発生器の中間の位置に配列する。

【0071】これらの構成の一実施例を図22を参照として説明する。ゴムモールド10i (図23参照) のゴム自体は底なしモールドを形成し、ゴムモールドの開放底部は回転ダイ2aの一部に閉じられている。したがって、回転ダイ2aがゴムモールドの底部を構成している。ゴムモールド10i がリング状回転ダイ40上で順次回転移動しながらフィーダー42による粉末のゴムモールド10i への充填、Cの位置で行われる蓋10uのはめこみ(図示せず)、電磁コイル4aによるパルス配向、磁界中ダイプレス装置60によるダイプレス、蓋10uの取りはずし(Fの位置で行われる)、成形体取り出し装置62による成形体の取りだしなどの一連の操作(A~H)を行うことができる。

【0072】取り外された蓋10uはリニヤートランスポーター140により蓋はめ込み場所Cに戻される。リニヤートランスポーター140(図24参照)は吸引口140aを移動させるレールより構成されている。吸引口140aは吸気ポンプと連通され、またレールに可動に装着されたモーター(図示せず)により上蓋を吸着してレールを走行する。

【0073】磁界中ダイプレス装置60は上下パンチ、電磁コイルなどから構成されている。成形体取り出し装置62は、シャフト65の周りを一定角度振回しうる電磁石よりなるアーム64を含んでなり、励起された電磁石が異方性を付与された圧粉体63をコンベヤー40上にて吸収し、振回後電磁石の電源が切られると成形体を別のコンベヤー66上に載せるように動作する。

【0074】図22において、150はエアーストン、151はエアユニット、152は電磁石、153は電磁石励磁電源である。電磁石152は圧粉体をダイから取り出した後、ダイキャビティ上方に移動し、そして電源153により励磁されて、磁力によりゴムモールド

ド内に残存する永久磁石残粉を吸引して、ゴムモールドの清掃を必要により行う。

【0075】なお圧粉成形後ゴムモールド10iは原形に復帰するので圧粉体63の周りにリング状間隙10rが作られる。この間隙10rは上記した吸引により圧粉体63をゴムモールド10iから取り出すのに十分な大きさを有する。66は制御ユニット50により駆動されるステップモータ67により駆動されるコンベヤーである。アーム64が該コンベヤー66上方に振回、圧粉体63をコンベヤー66上に載せた後に、コンベヤー66が移動する。かかる一連の動作は制御ユニット50により制御される。

【0076】ダイプレスの中でゴムモールドセット、磁界中プレス、ゴムモールド取り出しと三つの工程を行う方法と比較すると、図22の方法は、ダイプレスでは磁界中プレスのみを行い、他の部分で同時にゴムモールドセット及びゴムモールド取り出しが行えるので、一つのプレスサイクルが大変短くなり、大量生産用の装置として好ましい。

【0077】図22に示される無終端経路式ダイプレス法により永久磁石を量産する場合、各工程の所要時間は例えば以下のとおりである。

- (a) 給粉、振動、プッシャー（図22のAで行われる）から（b）まで－15秒
- (b) 上蓋取り付け（Cで行われる）－5秒
- (c) パルス磁界印加（Dで行われる）－10秒
- (d) ダイプレス（Eで行われる）－15秒
- (e) 上蓋取り外し（Fで行われる）－5秒
- (f) 圧粉体の取り出し及びゴムモールド清掃（Gで行われる）－10秒

最長の所要時間は15秒であり、（a）～（f）の各工程から次の工程への2秒の搬送時間であるから17秒毎に1個の圧粉体が作られる。

【0078】続いて、ダイ中で粉末を充填する通常のダイプレスの所要時間を示す。

- (a) フィーダーによる粉末の充填－10秒
- (b) 上パンチ下降（上パンチがフィーダーから退避していた位置からダイ内まで下降する）－5秒
- (c) プレス（静磁場印加、上下パンチにて加圧、逆磁界印加－27秒
- (d) 逃げ調整－5秒
- (e) 圧粉体取り出し－10秒

（a）～（e）の合計57秒、通常のダイプレス法では全工程（a）～（e）が終了するまで最初の工程（a）を開始することができない。したがって、1個の圧粉体をつくるために57秒もの長い時間が必要である。

【0079】本発明法においては、ゴムモールドへの永久磁石粉末の給粉と、ゴムモールドへの高密度充填は同一場所で行うことが好ましい。給粉はガイド枠100

（図1参照）を利用して行うが、プッシャーなどによる

高密度充填を給粉と別の場所で行うと、ガイドプレートを給粉場所からプッシング場所まで移動させる必要が出てくる。このようにするとガイドプレートの必要個数が増え、装置の複雑化を招く。

【0080】さらに図22に示されるようにフィーダー42から粉末を直接ゴムモールド10に供給するよりも、フィーダーから粉末を、必要ならば粉末の塊を篩い分けるメッシュを通して、一旦別の容器に供給し、精密に粉末を秤量した後に、その容器からゴムモールドに粉末を供給することが好ましい。永久磁石粉末の流動性が非常に低いためにフィーダーから正確な重量の粉末を直接ゴムモールドに供給することは困難であるから、上記のように別の容器を使用することが好ましい。

【0081】請求項10の方法及び請求項31の装置では、不活性ガスチャンバー内に前記周回経路を収納することにより請求項5記載の方法によって得られるのと同等の効果を得、高性能の希土類磁石を能率よく製造する手段を得る。 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ 、 Sm-Co などの永久磁石粉末は極めて酸化し易く、粉末が酸化することにより磁気特性が直ちに劣化する。これを防止するために、ゴムモールドが不活性ガスが充填したドーム状の覆いの中を移動させる。ドーム状の覆いは周回経路に添ったリング状とするかあるいは周回経路とその中心空間を被覆する円盤もしくは楕円盤状とすることができる。

【0082】請求項9記載の方法及び請求項32記載の装置では、ゴムモールドへの予備圧粉体の装填、磁界印加、ダイプレス、及び圧粉成形体のゴムモールドからの取りだし、をゴムモールドを搬送する周回経路で、順次繰り返す構成とする。これらの発明は図22のフィーダー42に代えて、予備成形体をゴムモールドへ装填する装置125、128（図2参照）を配置する。

【0083】一湿式成形法一

以上説明した本発明の構成は乾式成形法にも湿式成形法にも該当するが、ここでは湿式成形法の特長とするところを説明する。湿式成形法ではスラリー状の磁石粉末を使用する。スラリー中の水または有機溶媒と磁石粉末の割合は公知のものでよく、特に限定されないが重量比で水2～4に対して磁石粉末が8～6の割合が好ましい。

【0084】湿式成形法では水または有機溶媒を圧縮が完了するまでにスラリーから除去する必要があるが、ゴムモールドに穴を開けてここから水などを吸い出すことは困難であるので、一方のパンチからフィルターを通じて、スラリー中の水などを吸い出すことが不可欠である。そこで、本発明の湿式成形法では、上蓋をもたず側方又は側方と底部にゴムをもつゴムモールドをフィルターを介して吸水孔を有する上パンチで加圧することによりスラリー中の水分を吸水孔からゴムモールド外へ排出するしつつ、磁界中配向成形を行う。この場合上蓋をもたないゴムモールドを使用するので、従来の擬似CIPとは異なり磁石粉末の一部だけがゴムモールド（圧力伝

達媒体)により囲まれているので圧縮の等方性がやや小さいが、粉末粒子間の摩擦が水や溶媒の存在により小さくなっているために、十分な配向性が得られる。また側方からの圧縮によって排水速度が極めて大きくなり、大幅に能率が向上する。

【0085】また、フィルターとしては紙、布フィルターもしくは石膏などのセラミックフィルターを使用する。さらに、ゴムモールドへのスラリーの充填・圧縮方法としては、ダイの外でゴムモールドにあらかじめスラリーを注入しておき、その後ゴムモールドをダイ中に入れて、パンチによりゴムモールドとスラリーを圧縮するか、あるいはダイ中にあらかじめゴムモールドをいれておき、スラリーをその型に注入する方法が可能である。スラリーをゴムモールドに充填するのに：ゴムモールド内を予め真空引きした後、スラリーを充填する；ゴムモールドにスラリーを注入した後にゴムモールド中のスラリーを真空又は減圧下に置く；ゴムモールド中にスラリーを高圧注入する等の処理をすれば、ゴムモールド表面に気泡が残留せず、これにより発生する不良を低減することができる。

【0086】請求項16～19は第三の目的を達成する湿式ダイプレス法の発明に関する。ダイプレス機が湿式ダイプレス機である場合ゴムモールドから水を吸引する装置を設けることが必要になる。このためには、上パンチに、ポンプに連通した吸水孔を設けて吸引を行うことが必要である。したがって、本発明に係る湿式ダイプレス法は、吸水孔を備えた上パンチとフィルターを有するダイプレス機により永久磁石粉末のスラリーを圧縮し、磁界中配向成形を行う工程を含む永久磁石の製造方法において、ダイプレス機内でまたは外で永久磁石粉末のスラリーを充填し、少なくとも側面部がゴムからなり、上部が開放されたゴムモールドをダイプレス機内に配置し、前記上パンチと前記ゴムモールドの開放部の間にフィルターを配置し、前記圧縮に際して前記ゴムモールドおよび永久磁石粉末を圧縮するとともに、前記フィルターおよび前記吸水孔を介してスラリー中の水分又は溶媒を排出する構成とする。この方法によりゴムの弾性を利用して配向性を高める湿式磁界中配向成形が実施可能になる。

【0087】この吸水孔は磁石粉末より小さい径とすれば、水だけを吸収できるがポンプの効率が極端に低下して実際的ではないので、吸水孔は例えば1mm以上の大径とし、上パンチとダイの間に多孔質セラミック、紙、布などよりなるフィルターを設けることが好ましい。また、ゴムモールドにダイプレス機外で磁石粉末のスラリーを充填するためのフィーダーを設けることができる。

【0088】図25は湿式ダイプレス装置の一例を示す図面である。図中、30は磁場電源、31は油圧ユニット、32、33は油圧シリンダー、34は吸水紙、吸水布などからなるフィルター、35はフィルター34を巻

き付けるロール、36は上パンチ1aの先端に穿孔された吸水孔、38は吸水ポンプ、39は吸水ポンプ38の駆動源であるモーター、42は原料のフィーダーである。上記以外の参照数字は図16の場合と同じ要素を示す。

【0089】原料フィーダー42は、スラリーを高圧圧送する必要がある場合は図示されない圧縮空気源と連通されており、またスラリーをゴムモールド10に供給した後パンチの圧縮領域外に退避する。油圧ユニット31から油圧シリンダー32に送られる圧力媒体の作用により、フィルター34は上パンチ1aと共に、先端がダイ2との間を密閉するまで下降される。続いて、下パンチ1bが上昇し、同時にポンプ38が吸水孔36を通してスラリー中の水を吸い上げる。吸い上げが完了すると下パンチ1bがさらに上昇し、圧縮を行う。

【0090】磁場電源30は上パンチ1aがダイ2との間を密閉後励起され、コイル4が発生する磁界は上下パンチ1a、1bを通り磁石粉末を配向する。ダイプレス終了後は上記動作とは逆の動作が行われ、さらにロール35が回転し、フィルター34を未使用面が出るまで巻き取る。

【0091】図26は、フィルター34がセラミックである場合の図25と同様の装置の要部を示す図面である。この装置ではセラミックの内外面に連続した孔を吸水孔として利用し、ダイプレス後に吸水孔に高圧空気を吹き出して磁石粉末による目詰まりを取り除き、フィルターを何回も使用する。セラミックスフィルターとして非常に安価に入手できる石膏製フィルターや、耐久性、吸水性向上の為に二層構造をもったフィルターを使用することができる。

【0092】図27は図25の装置の動作を説明するグラフである。まず、上パンチ1aが上限から下限まで下降し、停止するとほぼ同時に電源が励起され、その直後に吸水ポンプが付勢される。すなわち、磁場電源により正磁場が磁石粉末に加えられ、磁石粉末が配向し、また配向中に吸水ポンプによりスラリーから水分が取り除かれる。真空ポンプの付勢と同時に下パンチが上昇を開始して、スラリーから水分を押し出す。さらに下パンチを上限まで上昇させて、磁石粉末を所望の密度に圧縮する。その後磁場電源を除勢し、再び励起して正磁場より弱い逆磁場を発生させて、以降の取扱が容易なように磁石粉末の残留磁束密度を低下させる。以上の処理の間真空ポンプは付勢状態を保ち、水分をさらに取り除く。真空ポンプ、励磁電源及び下パンチをすべて除勢した後、上パンチを上昇させ、加圧ガスをフィルターから吹き出して目詰まりを取り除く。

【0093】以上の一連の動作は、マイコンなどの制御ユニットにパンチの位置、ポンプの圧力、磁場の強さなどを入力して、図27のどの段階にあるかをモニタし、次の段階の指令を、磁場電源、ポンプ、パンチなどに与

える制御により行われる。また、それらの動作をはじめからルーチン化したシーケンス制御を行ってもよい。

【0094】請求項17記載の方法では、ゴムモールドに充填されたスラリーの上面の形状が上パンチの下面の形状とほぼ一致するようにスラリーをゴムモールドに充填する。スラリーの上面がゴムモールドの上面より低いと、ゴムモールドの上部が大きく変形し、圧粉体に割れが発生する。一方、スラリーがゴムモールドよりも盛り上がっていると、プレスされたスラリーがゴムモールド上にはみ出してバリ5g（図28参照）を発生させる。特に、上パンチ1aの形状が図29に示すように曲面であるときは、スラリー15のはみ出しが起りやすいので、スラリー15の上面形状を上パンチ1aの下面形状と一致させることが好ましい。ただし、スラリーが不定形であるので、その表面に多少の凹凸が生じるのはやむを得ないが、水分、溶媒等の量を例えば60重量%以上と多くして、スラリー上面にできるだけ「だれ」が生じないようにすることが好ましい。上記の方法を実施するための好ましい治具は図30に105として示されたガイドプレートであり、ガイドプレート105を用いてスラリーを、注入口107より注入し、その後ガイドプレート105を矢印方向に移動させて、スラリーを擦り切りにする。あるいはガイドプレート105を引上げる。

【0095】請求項18記載の方法では、メチルアルコール、エチルアルコールなどの消泡剤を添加したスラリーを使用することによって、泡の発生を防止する。この泡はスラリー中あるいはゴムモールドのキャビティ内の空気が原因でゴムモールドの表面に出来易く、圧粉体の表面に凹部などの表面欠陥を生じるので、消泡剤により泡をつくらないようにすることが好ましい。請求項19の方法では、請求項18と同様に泡を作らないことを目的としており、スラリーの充填前または後にゴムモールド内面を減圧処理する。スラリー充填前の真空排気方法を図31に、スラリー充填後の真空排気法を図32に示す。図中、92は蓋、93は真空チャンバーである。吸引口94から真空吸引後にゴムモールド10が再び大気にさらされることはあるが、気泡はほとんど発生しない。

【0096】スラリー上面の形状調整および減圧処理を行う装置の具体例を図33に示す。ゴムモールド10はゴムモールド固定台131及び側面押さえ131により固定されている。側面押さえ131にはパッキング133を介してアクリル樹脂製真空容器132が気密に固定されている。真空容器132の上部中心に形成された孔部にパッキング134を介してピストン135が気密にかつ昇降可能に装着されている。ピストン135の真空容器132の外にある部分にはカラー137が固着され、このカラー137と真空容器上部の間にはバネ136がピストン135を常時上向きに付勢している。ピストン135の先端にはストッパ142が取り付けられ、

その内部にはスラリー供給管138が固着されている。スラリー供給管138はパッキング139を介して真空容器132に気密にかつ出し入れ可能に取りつけられており、したがってピストン135の上下に伴って上下する。140は好ましくはフッ素樹脂などの水とのぬれ性が小さい材料である離型材よりなる離型板141を固着した強化板であり、その上部中心は電磁弁149で開閉できる通路になっている。離型板141の下面はダイプレス機の上パンチの下面と同一形状になっている。

10 【0097】図32に示される装置の動作方法は以下のとおりである。すなわち、ピストン135を強化板140と接続し、あらかじめ電磁弁149を閉じておき、ピストン135に接続された強化板140を吸引し、点線で示された位置まで引上げる。次に、エアー導入ポート145を閉じ、真空ポート144から真空容器132内を真空排気する。その後、ピストン135を下降させ、強化板140とゴムモールド10を加圧接触させ、真空容器132外からの遠隔操作により電磁弁141を開放し、そしてスラリーをスラリー供給管138からゴムモールド10内に高圧ガスにより供給する。その後、エアー導入ポート145から空気を真空容器132内に送り、ピストン135を上昇させ、ストッパ142に真空容器132を引掛けて持ち上げる。

20 【0098】図25、図26及び図33で示されるスラリーの流動充填に代えてスラリーの予備成形体をゴムモールドにより均一に装入充填することができる（請求項27の方法）。予備成形スラリーの装入に使用する装置の一例を図34に示す。図中、ピストン151は壁部材、152、153に対して摺動してスラリー15を圧縮し、スラリー成形器160の出口から予備成形体15aとして押し出す（（a）参照）。スラリー成形器160は上記151、152、153の部材より構成される押出器である。予備成形体15aは以下説明する157、158、159、161より構成される装置によりゴムモールド10s、10kに装入される。予備成形体15aは引込み式底部159上に押出され、次に Cutter 158を下降させて切断される。切断後プッシャー157をCutter 158、壁部材161に摺動させて下降させ、予備成形体15aの上面に突き当たったときに下降を停止する（（b）参照）。次に引込み式底部159を後退させ、プッシャー157によりゴムモールド10s、10k内に予備成形体15aを押し込む（（c）参照）。

30 【0099】続いて、周回経路において各工程を行う湿式装置の具体例を図35を参照して説明する。なお、図35の参照符号で図22、図33と同一のものは同一の部材を意味している。

40 【0100】例えば図33に示されるスラリー充填装置をAで示される位置に設置し、スラリーの充填と真空吸引をAの位置で行なうか、あるいはAの位置ではスラリ

一の充填のみを行い、Bの位置で真空吸引を行う。165は真空吸引を行うポンプであり、また166はスラリーを圧送するエアユニットである。AおよびBの位置には真空チャンバー132は設置しなくともよい。又Aの位置には図34に示されるスラリーの予備成形体を設置することができる。

【0101】続いて、周回経路で湿式成形法の各工程を行う請求項26の方法の所要時間の一例を示す。

(a) スラリー充填（真空吸引を含む）—15秒

(b) プレス（上パンチ下降、静磁界印加、脱水加圧、逆磁界印加及び上パンチ上昇の各操作が行われる）—20秒

(c) 圧粉体の取りだし（ゴムモールド清掃を含む）—10秒

上記（a）、（b）、（c）の各工程の間ではゴムモールドの搬送が行われ、その所要時間は3秒である。最長の所要時間は20秒であり、また搬送時間が3秒であるから23秒毎に1個の圧粉体を作られる。

【0102】続いて、スラリーをダイ中に充填する通常のダイプレスの場合の各工程の所要時間の一例を示す。

(a) 上パンチ下降—5秒

(b) スラリー充填—5秒

(c) プレス（静磁界印加、脱水加圧及び逆磁界印加の各操作が行われる）—90秒

(d) 上パンチ上昇—5秒

(e) 圧粉体取り出し—10秒

合計所要時間は115秒である。通常のダイプレスでは圧粉体の割れなどを防止するために、脱水工程においてゆっくり脱水することが必要である。これに対して、本発明ではゴムモールドがパンチの移動方向と直交方向にかつモールド空隙に向かって変形するために、水分等の排出が促進され、また粉末とダイとの摩擦もなく、その結果プレス工程が短時間で終わる。さらに、本発明では各工程を同時に実施することができるため、圧粉体の生産性が極めて高い。

【0103】請求項14（乾式法）及び請求項23（湿式法）はリングなどの中空体の製造方法に関し、ゴムモールドが中空部形成のために該ゴムモールドより硬質の材料からなるマンドレルを備えている構成とする。この構成とは逆にマンドレルが軟質であると、パンチの加圧力により圧粉体と一緒にマンドレルが径方向に収縮し、次にパンチを後退させ、ゴムモールドと圧粉体に加えられていた荷重を除くと、マンドレル10mが収縮した圧粉体5の中心穴を押し広げるように膨張する（図36参照）。この結果圧粉体5'に割れが発生する。したがってマンドレル10m（図36参照）は側方部10sよりも硬質であることが好ましい。

【0104】中空形状の磁石は放射方向に配向したラジアル異方性、厚み方向に配向したアキシアル異方性などを付与される。

【0105】図37はマンドレルを使用して図38に示すような二つの中空部を有する圧粉体を作る成形法の一具体例を示し、マンドレル10m、10m'を金属から構成し、マンドレル10mが入る凹部1a'を上パンチ1aの中に形成している。続いて、乾式ダイプレスおよび湿式ダイプレスならびに、すべての形状の圧粉体に共通するゴムモールドの好ましい実施態様を説明する。

【0106】その第一は、ゴムモールドがゴムモールド内面のうち上下面の少なくとも一方を形成する材料（上面を形成する材料を蓋部、下面を形成する材料を底部と呼ぶ）が前記内面の側面部を形成する材料（これを側方部と呼ぶ）よりも硬質であるように構成したものである。この構成とは逆に、底部が軟質で、側方部が硬質であると、図50の（c）で示した不均一変形に加え図39に模式的に示すように、側方部10sの変形に伴って底部10kが縮もうとし、しわが底部10k表面に発生する。このしわがクラックの起点になり、圧粉体5'が割れてしまう。また軟質材は、表面に粉末が噛み込まれやすく、また圧粉体とモールドとの間の摩擦も大である。さらに、パンチによる圧力を取り除いた時、軟質の底部10kは元の形状に戻ろうとし、逆変形するが、このとき底部のゴムが圧粉体5'とかみ込んで逆変形に追従させようとし、圧粉体5'が割れに至る。これらのことが圧粉体の割れを生じさせる原因となる。側方部10sと底部10kの硬さが同じ場合は、パンチによる圧縮量が多くなると同様に割れの危険が高まる。したがって、本発明では底部および／または蓋部を側方部より硬いゴムとするか、あるいは底部および／または蓋部を金属もしくは硬い樹脂とする。

【0107】第二のゴムモールドにおいては、ゴムモールドの蓋部もしくは底部の少なくとも一方の厚み（ t 、単位mm）が式： $t \leq 1.6h/D$ （ただし、 h は圧粉体の厚み、 D は圧粉体の断面積の正の平方根である）で表されるように構成する。ここで蓋部もしくは底部の厚み及び圧粉体の厚みとはパンチによる加圧方向の厚みを言い、圧粉体の断面積とはパンチによる加圧方向に直交する圧粉体の断面積を言う。圧粉体の面積が大になる（式の右辺が小さくなる）ほど、ゴムが逆変形する時の力が大きくなり、圧粉体が割れやすくなるので、ゴムモールドの蓋部および底部の厚みを小さくする。底部10kの厚みを小さくすることを示す図39において、底部10kは上パンチ1aの加圧力 P_a とその反作用 P_b により押さえつけられている。一方、底部10kにしわを作る力はゴムモールドの側方部10sおよび粉末5が断面積を小さくするように縮小する力 P_c である。底部10kの厚みが小さくなるほど前者の押さえつけ力 P_a 、 P_b が大になり、後者の力 P_c を上回ると、しわが発生しなくなる。また、上記の式の係数1.6は下記の実験の結果割れ発生有無に対して臨界的であることが見出された。後述の図40の（e）及び（g）の形状をもつゴムモー

ルド(寸法 $30 \times 30 \times 5$ mm、 $h/D=0.17$)を用いてNd-Fe-B系磁石粉末を 1.0 t/cm^2 の圧力で成形した。この成形を、ゴムモールドの底部厚み(t)を $0.5 \sim 3.5$ mmの範囲で変化させて、各厚みにつき10回行い、10個の成形体を作製した。その結果、次の割れ個数が得られた。t=0.5、1.0、1.5mm、0個；t=2.0mm、1個；t=2.5mm、4個；t=3.0mm、10個。この割れ調査結果より上記した係数16が求められた。

【0108】図41の(a)～(k)に、図39、図40に示された二つの方法を具体化したゴムモールドの例を示す。図中ハッチングは金属または硬質ゴムを示す。

(a)は上蓋10uを軟質ゴム、側方部10sを軟質ゴム、底部10kを硬質ゴムまたは金属とした例である。

(b)は上蓋10uを軟質ゴム、側方部10sを軟質ゴム、底部10kを硬質ゴムまたは金属とした例である。

(c)は上蓋10uを上記の式を満たす薄い(以下、単に「薄い」という)軟質ゴム、側方部10sを軟質ゴム、底部10kを硬質ゴムまたは金属とした例である。

(d)は上蓋10uを上記の式を満たす薄い(以下、単に「薄い」という)軟質ゴム、側方部10s及び底部10kを一体の軟質ゴムとした例である。(e)は上蓋10uを硬質ゴムまたは金属、側方部10sおよび底部10kを一体の軟質ゴムとした例である。(f)は上蓋10uを軟質ゴムまたは金属、側方部10sおよび薄い底部10kを一体の軟質ゴムとした例である。(g)は上蓋10uを硬質ゴムまたは金属、側方部10sおよび薄い底部10kを一体の軟質ゴムとした例である。(h)は上蓋10uを薄い軟質ゴム、側方部10sおよび薄い底部10kを一体の軟質ゴムとした例である。(i)は上蓋10uを硬質ゴムまたは金属、側方部10sを軟質ゴム、底部10kを硬質ゴムまたは金属とした例である。(j)は上蓋なし、側方部10sを軟質ゴム、底部10kを側方部の切り欠きに固定した硬質ゴムまたは金属とした例である。(k)は硬質ゴムまたは金属の底部10kを側方部10sで側面と下面から取り囲んだ例である。底部が薄い場合は、底部下側を金属もしくは硬質ゴムなど、底部上側より硬質の材料で補強することができる。(l)は(i)の上蓋10uに下向きの突起を設け、プレス機外で上蓋により粉末を高密度に圧縮し、

(l)に示された状態でプレスする例である。

【0109】図42の(a)には図41の(e)と同じ作用を有するゴムモールドを示す。この(a)のゴムモールドでは上パンチ1aが上蓋10uの作用を営み、圧粉体の割れを防止する(請求項12、20の方法)。さらに図42の(b)には図41の(i)における上蓋10u、底部10kの作用をそれぞれ上パンチ1a及び下パンチ1bが営むゴムモールドの例を示す。さらに図42の(c)には上パンチ1a及び下パンチ1bが硬質材料であり、硬質上蓋10u(例えば図41の(e)参

照)の作用を営むゴムモールドの例が示されている。パンチ先端部は金属以外の硬質材料で構成されていてもよい。

【0110】図43に示される圧粉成形体5'のエッジ5eが鋭い場合あるいはゴムモールドの均一変形度が劣る場合は、圧粉成形体のコーナー部分は、機械的衝撃に対して弱くまた特に自動化工程におけるロボットによるハンドリングや搬送時の機器による蹴りだしによって欠けが発生しやすい。また鋭いコーナーは磁界中配向成形後に消磁を行っても磁化が残留しやすく、機械的強度が低下する。図44の(a)は磁界中配向成形においてコーナー部5eが割れていることを示す。消磁後にはコーナー部5eには僅かな磁化が残留していれば、図44の(b)に示すようにコーナー部5eが脱落して反転し、コーナー部5eと圧粉成形体5'本体と異極どうしが引き合い、これらは内部に蓄えたエネルギーを解放しようとするために、磁界中配向成形中よりも一層消磁後に欠けが起りやすい。このような欠けを防止し且つ圧粉成形体のコーナーを丸くするためには、図45に示すようにゴムモールド10sに湾曲部10rを設けることが好ましい。湾曲部10rはゴムモールドが粉末と面する面において上下のいずれか一方または両方の末端部である。湾曲部10rの曲率半径は約 $0.1 \sim 5$ mmであることが好ましい。以下実施例により本発明を詳しく説明する。

【0111】実施例1(Nd-Fe-B 焼結磁石)

使用したゴムモールドを図46に示す。上蓋10uは金属製、側方部10sおよび底板部10kは一体の軟質ウレタンゴム(硬度40)とし、底部10kの下にゴムの噛み込み防止用として硬質ウレタンゴム製(硬度90)のバックアッププレート12を配置した。モールドキャビティの形状は 30 mm 、 30 mm 、 5 mm であった。

【0112】金属ネオジウム(Nd)、電解鉄(Fe)、金属ほう素(B)、金属ディスプロシウム(Dy)を $\text{Nd}_{1.3} \cdot 8 \text{ Dy}_{0.4} \text{ Fe}_{78.2} \text{ B}_{7.6}$ の組成に配合後、アルゴンガス中でアーク溶解してインゴットを作成した。このインゴットをスタンブミルで平均粒径が $20 \mu \text{ m}$ になるように粗粉碎し、次にジェットミルで平均粒径が $3.0 \mu \text{ m}$ になるように微粉碎した。この微粉末を上記のゴムモールド10s、10kに振動及びプッシャー押圧を加えて、充填密度が $1.0 \sim 4.2 \text{ g/cm}^3$ (13～56%)になるように充填した。ゴムモールド10s、10kに上蓋10uを被せ、 40 kOe のパルス磁界を $5 \mu \text{ 秒}$ 間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、 12 kOe の磁界を掛けながら、 0.8 ton/cm^2 の圧力で平行プレス成形を行った。圧粉成形体を 110° C で2時間焼結した後、 650° C で1時間時効処理を行った。その後磁気特性を評価した結果を表2に示す。

【0113】

【表2】

| 充填密度(g/cc) | 1.0 | 1.4 | 1.8 | 2.2 | 2.6 | 3.0 | 3.4 | 3.8 | 4.2 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| われ、欠け | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Br (kG) | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.5 | 12.3 | 12.0 | 9.4 |
| (BH) max | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 37.2 | 36.0 | 34.3 | 21.0 |
| Hc (kOe) | 14.2 | 14.2 | 14.2 | 14.2 | 14.2 | 14.2 | 14.4 | 14.6 | 14.7 |

充填密度1.0 g/ccは自然充填による比較例である。

われ、欠け判定基準 (n=50)

○ われ、欠けが発生しない

△ 全数の10%未満のわれ欠けが発生

× 全数の10%以上のわれ欠けが発生

変形判定基準 (n=50)

×-不均一変形が著しく後の加工による寸法調整が不可能、ゴムモールドを改良しても改善が困難：△-若干不均一変形があるが、後の加工による寸法調整により補える程度：○-ほとんど不均一変形しない、若干の不均一変形が残るがゴムモールドの内側面の形を若干変えるだけで、ほぼ完全な成形体を得られる。

【0114】実施例2 (Sm-Co 焼結磁石)

ゴムモールドは実施例1におけるものを使用した。原料として、Sm(Co_{0.72}Fe_{0.2}Cu_{0.06}Zr_{0.03})_{7.3}の組成をもつインゴットを使用した。このインゴットをスタンブミル*

*で平均粒径が25 μmになるように粗粉碎し、次にジェットミルで平均粒径が3.5 μmになるように微粉碎した。

【0115】この微粉末を上記のゴムモールド10s、10kに振動及びプッシャー押圧を加えて、充填密度が1.1~4.9 g/cm² (13~58%) になるように充填した。ゴムモールド10s、10kに上蓋10uを被せ、40kOeのパルス磁界を5 μ秒間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、12kOeの磁界を掛けながら、0.8 ton/cm²の圧力で平行プレス成形を行った。得られた微粉末に上述の条件で乾式プレスを施し、成形体を1215℃で1時間焼結し、1170℃で1時間溶体化処理を行い、その後850℃で2時間時効処理後徐冷した。その後磁気特性を評価した結果を表3に示す。

【0116】

【表3】

| 充填密度(g/cc) | 1.1 | 1.6 | 2.1 | 2.6 | 3.1 | 3.6 | 4.1 | 4.6 | 4.9 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| われ、欠け | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

| Br (kG) | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.2 | 11.1 | 10.9 | 10.0 | 8.4 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (BH) max | 30.9 | 30.9 | 30.9 | 30.9 | 30.9 | 30.3 | 29.3 | 24.6 | 17.4 |
| Hc (kOe) | 17.2 | 17.2 | 17.2 | 17.2 | 17.2 | 17.3 | 17.5 | 17.6 | 17.6 |

充填密度1.1 g/ccは自然充填による比較例である。

われ、欠け判定基準 (n=50)

○ われ、欠けが発生しない

△ 全数の10%未満のわれ欠けが発生

× 全数の10%以上のわれ欠けが発生

変形判定基準 (n=50)

50 実施例1と同じ

35

【0117】実施例3（フェライト焼結永久磁石）
 ゴムモールドは実施例1におけるものを使用した。原料としては工業用炭酸ストロンチウム（ SrCO_3 ）、工業用酸化第2鉄（ Fe_2O_3 ）を使用した。これら原料をモル比で1:5.9に配合し、5時間ボールミルで粉碎、混合後、1270℃で1時間仮焼した。仮焼後の試料をスタンプミルで平均粒径が4μmになるように粗粉碎し、次にボールミルで平均粒径が0.7μmになるように微粉碎した。得られた微粉碎粉を、乾式プレス機を施すものは大気中で乾燥した後解砕した。この微粉末をゴムモールド10s、10kに振動及びプッシャー押圧を加えて、*

36

*充填密度が0.6~2.8g/cm²（12~44%）になるように充填した。

【0118】ゴムモールド10s、10kに上蓋10uを被せ、40kOeのパルス磁界を5μ秒間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、12kOeの磁界を掛けながら、0.8ton/cm²の圧力で平行プレス成形を行った。圧粉体を1200℃で焼結した後に、磁気特性を測定した。実験結果を表4に示す。

【0119】

【表4】

| 充填密度(g/cc) | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| われ、欠け | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| B _r (kG) | 3.80 | 3.93 | 4.02 | 4.02 | 4.02 | 3.92 | 3.82 | 3.61 | 3.02 |
| (BH) _{max} | 3.44 | 3.63 | 3.80 | 3.80 | 3.80 | 3.60 | 3.43 | 3.06 | 2.14 |
| iH _c (kOe) | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | 3.0 |

充填密度0.6g/ccは自然充填による比較例である
 われ、欠け判定基準（n=50）

○ われ、欠けが発生しない

△ 全数の10%未満のわれ欠けが発生

× 全数の10%以上のわれ欠けが発生

変形判定基準（n=50）

実施例1と同じ

【0120】実施例4（Sm-Coボンド磁石）

原料として、Sm(Co_{0.72}Fe_{0.2}Cu_{0.06}Zr_{0.03})_{7.3}の組成をもつ、平均粒径が20μm、保磁力iH_cが15.5kOeのボンド磁石用粉末を使用した。この粉末をエポキシ樹脂粉末とともにゴムモールド10s、10k（図4

6参照）に振動及びプッシャー押圧を加えて、充填密度が1.4~5.5g/cm²（18~65%）になるように充填した。ゴムモールド10s、10kに上蓋10uを被せ、40kOeのパルス磁界を5μ秒間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、12kOeの磁界を掛けながら、1ton/cm²の圧力で平行プレス成形を行った。圧粉体を120℃で1時間キュアリングした後に、磁気特性を測定した。実験結果を表5に示す。

【0121】

【表5】

| 充填密度(g/cc) | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| われ、欠け | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Br (kG) | 7.40 | 7.40 | 7.40 | 7.40 | 7.40 | 7.20 | 7.00 | 6.50 | 5.55 |
| (BH) _{max} | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 13.5 | 12.8 | 12.0 | 10.4 | 7.59 |
| iH _c (kOe) | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.4 | 15.5 | 15.6 | 15.7 | 15.7 |

充填密度1.5 g/ccは自然充填による比較例である。

われ、欠け判定基準 (n=50)

○ われ、欠けが発生しない

△ 全数の10%未満のわれ欠けが発生

× 全数の10%以上のわれ欠けが発生

変形判定基準 (n=50)

前回実施例1と同じ

【0122】実施例5

原料として、平均粒径1.35 μm、保磁力2.7 kOeの(戸田工業製)フェライトボンド磁石用微粉末を使用した。これらの原料粉末を解砕した後、エポキシ樹脂*

20 *を0.5重量%添加し、充填密度が0.6~2.2 g/cm³ (12~44%)になるように振動及びプッシャにより図46に示すゴムモールド10s、10kに充填した。ゴムモールド10s、10kに上蓋10uを被せ、40 kOeのパルス磁界を5 μ秒間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、12 kOeの磁界を掛けながら、0.8 ton/cm²の圧力で平行プレス成形を行った。得られた成形体を120℃で2時間キュアリングした後に、磁気特性を測定した。実験結果を表6に示す。

【0123】

【表6】

| 充填密度(g/cc) | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.2 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| われ、欠け | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Br (kG) | 2.20 | 2.26 | 2.33 | 2.33 | 2.33 | 2.26 | 2.19 | 1.98 | 1.75 |
| (BH) _{max} | 1.13 | 1.19 | 1.27 | 1.27 | 1.27 | 1.19 | 1.13 | 0.92 | 0.72 |
| iH _c (kOe) | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.69 | 2.70 | 2.71 | 2.71 |

充填密度0.6 g/ccは自然充填による比較例である
われ、欠け判定基準 (n=50)

○ われ、欠けが発生しない

△ 全数の10%未満のわれ欠けが発生

× 全数の10%以上のわれ欠けが発生

変形判定基準 (n=50)

実施例1による

【0124】実施例6

実施例1~5において、充填密度がそれぞれ下記の値になるように粉末を通常のダイプレス機のダイ(ゴムモー

ルドなし)中に充填し、1.5 t/cm²の圧力で平行ダイプレスを行った他は、それぞれの実施例と同様に処理して永久磁石を製造した。本発明実施例との比較を表7に示す。この実施例及び比較例の磁石粉末は同一組成であり同一処理プロセスを経たものである。したがってこれらの磁石粉末の4πIsは同じである。したがって平行ダイプレス法よりもBrが約7%高い本発明の方法により各種永久磁石の配向度が平行ダイプレス法よりも高められることが明らかである。なおiHcに関しては本発明法と平行ダイプレス法では1%程度の差がある。

しかし iHc は非常にばらつきやすくこれらの方法による有意差は認められない。 * 【0125】

* 【表7】

| 材 質 | プレス 方法 | 磁 気 特 性 | | | 充填密度 | |
|-----------------------|-----------|---------|----------------------------|----------|------|----|
| | | Br(kG) | (BH) _{max} (MGoe) | iHc(kOe) | g/cc | % |
| Nd-Fe-B (焼結) | 平行P | 11.5 | 31.4 | 14.4 | 1.0 | 13 |
| | GDP | 12.5 | 37.2 | 14.5 | 2.2 | 29 |
| SmCo (焼結) | 平行P | 10.2 | 24.9 | 17.8 | 1.1 | 13 |
| | GDP | 11.2 | 30.9 | 17.2 | 2.6 | 31 |
| フェライト (乾式) (焼結) | 平行P | 3.82 | 3.4 | 2.9 | 0.6 | 12 |
| | GDP | 4.02 | 3.8 | 3.0 | 1.2 | 24 |
| SmCo (ボンド) | 平行P | 6.92 | 11.8 | 15.6 | 1.5 | 18 |
| | GDP | 7.40 | 13.5 | 15.4 | 3.0 | 35 |
| フェライト (ボンド) | 平行P | 2.05 | 1.0 | 2.7 | 0.6 | 12 |
| | GDP | 2.33 | 1.27 | 2.69 | 1.2 | 24 |

表中、平行Pは比較例、GDPは本発明実施例（予備パルス磁界あり）を意味する

【0126】実施例7

金属ネオジウム(Nd)、電解鉄(Fe)、金属ほう素(B)、金属ディスプロシウム(Dy)を $Nd_{13}Dy_{0.5}Fe_{79.5}B_{7.6}$ の組成に配合後、アルゴンガス中でアーク溶解してインゴットを作成した。このインゴットを不活性ガス中でスタンブミルで平均粒径が $20\mu m$ になるように粗粉碎し、次に O_2 濃度検出限界以下の窒素ガス雰囲気中でジェットミルで平均粒径が $3.0\mu m$ になるように微粉碎した。この微粉末を上記のゴムモールド10s、10kに振動及びプッシャー押圧を加えて、充填密度が $2.6g/cm^2$ (34%)になるように窒素ガスチャンバー中で充填した。一方大気中での充填も試みたが粉末が発火し、以降の続行が不可能であった。ゴムモールド10s、10kに上蓋10u(図46参照)を被せ、40kOeのパルス磁界を5 μ 秒間5回加えた。その後、ゴムモールドをダイプレス機内に配置し、12kOeの磁界を掛けながら、 $0.8ton/cm^2$ の圧力で平行プレス成形を行った。圧粉成形体を $1100^\circ C$ で2時間焼結した後、 $630^\circ C$ で1時間時効処理を行った。その後磁気特性を評価したところ、 $Br=13.9kOe$ 、(BH)

$max=45.1MGoe$ 、 $iHc=12.8kOe$ が得られた。また、焼結体の酸素濃度は2680ppmであった。

【0127】実施例8（フェライト湿式磁石）

工業用炭酸ストロンチウム($SrCO_3$)、工業用酸化第二鉄(Fe_2O_3)をモル比で1:5.95に配合し6時間ボールミルで粉碎後、 $1260^\circ C$ で2時間仮焼した。仮焼後の試料を粗粉碎し、その後平均粒径が $0.75\mu m$ になるように微粉碎した。得られた微粉碎をスラリー濃度(全重量に対するフェライト微粉の重量%)が71%になるように調節したスラリーを使用した。

【0128】図25に示したような布及び紙製のフィルター34と真空吸引装置、スラリー注入装置を備えた図25に示す湿式ダイプレス装置、及び図26に示したようなセラミックス製のフィルター34を装着した湿式ダイプレスを使用して、図10に示すような弓形圧粉体を製造した。スラリー注入はダイプレス外部で行う方式、及び予めダイ内に配置されたゴムモールドの上方法より注入する方式(図25参照)あるいはダイプレス機の外側でゴムモールドにスラリーを注入する方式を採用し

た。すなわち従来の湿式ダイプレスのようにダイ内側面よりの注入システムは利用しなかった。圧縮成形は各プレス工程のタイミングを微調整し、あらかじめプレス工程が相互に干渉したり、あるいは余分の待ち時間が生じないように、工程設計をした後に行った。

【0129】また各試料の成形はすべて100回づつ行い、ヒビ割れ等の不良発生率を調査した。比較のため従来の湿式平行ダイプレス（ゴムモールドを用いず）によ*

*り成形を100回行った。また焼結磁石の密度及びその磁気特性はプレスサイクル5回に1回ごとにサンプリングを行い1235℃で1.5時間焼結した後の値の平均値を用いた。磁気特性は弓型磁石から試験片を切り出し、加工を行い、B-Hトレーサーにて磁気特性を評価した。その結果を表8に示す。

【0130】

【表8】

| フィルター | 割れ発生 (%) | 密度 (g/cm ³) | 1Hc (kOe) | Br (kG) | (BH) _{max} (MGoe) | 充填法 | 備考 |
|------------|----------|-------------------------|-----------|---------|----------------------------|-----|------------------|
| 紙、布フィルター | 5 | 4.96 | 2.8 | 4.12 | 4.0 | ダイ内 | 比較法 |
| セラミックフィルター | 4 | 4.97 | 2.8 | 4.11 | 4.0 | ダイ内 | 比較法 |
| 紙、布フィルター | 1 | 4.96 | 2.8 | 4.32 | 4.4 | 外部 | 本 発 明 法 |
| セラミックフィルター | 1 | 4.97 | 2.8 | 4.31 | 4.4 | 外部 | |
| 紙、布フィルター | 1 | 4.97 | 2.8 | 4.31 | 4.4 | ダイ内 | |
| セラミックフィルター | 1 | 4.96 | 2.8 | 4.32 | 4.4 | ダイ内 | |

【0131】表8より、本発明法によれば、割れが少なくなり、またBrおよび(BH)_{max}が高められることが明らかである。

【0132】実施例9（フィルタの耐久性試験）

実施例8に用いた石膏製フィルター、及び通気性の異なる二層からなり、スラリーに面する側の通気性が低い二層構造をもったフィルターを用い、石膏製フィルターの場合は100回、二層構造セラミックフィルターの場合は1万回繰り返し成形を行い、各フィルターの耐久性を

調査した。

【0133】石膏フィルターは最初の1～20回まで及び21～100回までのプレス時と二層構造セラミックフィルターは最初の100回と最後の100回のプレス時の不良発生率及び1235℃で1.5時間焼結した後の磁石の磁気特性を評価した結果を表9に示す。

【0134】

【表9】

| | 成形 回数 | 割れ発生率 (%) | 密度 (g/cm^3) | iHc (kOe) | Br (kG) | (BH) _{max} (MGOe) |
|--------------------------------|----------------|--------------|----------------------------------|--------------|------------|-------------------------------|
| 石膏製 フィル ター | 1~ 20 | 1 | 4.96 | 2.8 | 4.32 | 4.4 |
| | 21~ 100 | 4 | 4.97 | 2.8 | 4.32 | 4.4 |
| 二重構 造セラ ミック フィル ター | 1~ 100 | 1 | 4.97 | 2.8 | 4.31 | 4.4 |
| | 9900~ 10000 | 1 | 4.96 | 2.8 | 4.31 | 4.4 |

【0135】セラミックフィルターは紙や布フィルターと比較してプレス後の紙や布の巻き取りが不要な為、上パンチ周辺部の装置が簡単になり量産時のトラブルが少なくなる。また、紙や布フィルターは良質な材料を毎回取り替えなくてはならず非常にコストがかかるが、セラミックフィルターは繰り返し連続使用が可能となるためコスト的にも非常に有利である。またセラミックフィルターにより製造した焼結体の表面は平滑であり、加工時の取代が少なくすみ歩留まりが向上する。

【0136】二層構造セラミックフィルターは1万回以上使用でき十分に量産性がある。石膏製フィルターでは100回程度しか使用できないが、きわめて安価なため数10回プレスを行うごとに取り替えても十分量産性はある。

【0137】実施例10

実施例8で用いたスラリーを乾燥させ、ボールミル中で1時間解砕を行い、乾式粉を作成した。この乾粉のかさ密度を測定したところ $0.80\text{ g}/\text{cm}^3$ であった。この乾粉を外径23.95mm、内径12mm、高さ10

mmのシリコンゴム製ゴムモールドに入れ下記の手法を必要に応じて組み合わせて行い、ゴムモールドの上限まで入る粉の量を調整し、ゴムモールド中の粉末のかさ密度(g/cm^3)が磁界中成形に及ぼす影響を調べた。

【0138】工程

①加振機(バイブレーター)上に乗せ、振動より充填密度を上げる。②タッピング機に入れ、タッピングにより充填密度を上げる。③磁界を加え、粉末が磁界に吸引される力及び粉末同士が磁力により吸引される力により充填密度を上げる。④磁界中で容易に解砕できる程度に造粒された造粒粉を使用する。⑤磁界中で配向した状態で比較的固く造粒した造粒粉を使用する。⑥磁石粉末を数 $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ 以下の圧力で予備成形的な加圧成形を行い、充填密度を高める。また $5\mu\text{sec}$ のパルス(40kOe)を5回印加し、焼結磁石の特性を確認する為に圧粉体を 1230°C で2時間焼結を行い、最大エネルギー積(MGOe)を調べた。

【0139】

【表11】

| 充填 密度 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 割れ ヒビ | × | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 変形 | × | △ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| (BH) max | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 | 4.4 |

以下の基準によりワレ、ヒビの発生を判定した。

×-5%以上のわれ、ヒビが発生：△-割れ、又はヒビ発生が5%；○-割れ、又はヒビがほとんど発生しない以下の基準により圧粉体の不均一変形を判定した。

×-不均一変形が著しく後の加工による寸法調整が不可能、ゴムモールドを改良しても改善が困難：△-若干不均一変形があるが、後の加工による寸法調整により補える程度：○-ほとんど不均一変形しない、若干の不均一変形が残るがゴムモールドの内側面の形を若干変えるだけで、ほぼ完全な成形体を得られる

【0140】実施例11

実施例1で作成した微粉末を用い、図16に略図を示す本発明の一連の乾式平行プレス装置により成形した。また、図47の平面図に示すように磁界(H)の方向とゴムモールド10の方向を設定した。その後は実施例1と同一条件で、焼結磁石を100個作成した。その磁気特性を表12に示した。

【0141】

【表12】

| 磁気特性 | | | 備考 |
|---------|----------------------------|-----------|----|
| Br (kG) | (BH) _{max} (MGoe) | iHc (kOe) | |
| 12.6 | 38.2 | 13.5 | 最高 |
| 12.3 | 36.5 | 12.8 | 最低 |
| 12.5 | 37.3 | 13.1 | 平均 |

この方法によれば安定した特性をもつ磁石の連続生産が可能になり、工程の自動化ができる。

【0142】実施例12

市販フェライト磁石のスラリー原料を入手し、通常の平行ダイプレスと本発明の実施例3によるダイプレスを行い、それぞれの方法による圧粉成形体を焼結した。焼結磁石の磁気特性を以下に示す。

【0143】

【表13】

| | Br (kG) | iHc (kOe) | (BH) _{max} (MGoe) |
|-----|---------|-----------|----------------------------|
| 実施例 | 4.52 | 2.95 | 4.86 |
| 比較例 | 4.30 | 2.98 | 4.40 |

【0144】この実施例と実施例3の表4を比較すると、表13の比較例の(BH)_{max}は実施例8の「本発明法」の値に等しいことが分かる。本実施例11では原料として磁性特性がすぐれたフェライト粉を使用したため、比較例でも良好な値が得られた。本発明法の(BH)_{max}は比較例より約10%高く、磁気特性がすぐれた磁性粉を使用することにより極めてすぐれた(BH)_{max}が得られることが分かる。

【0145】実施例13

10 市販のNd-Fe-B磁石の原料を入手し、従来の平行ダイプレスと本発明の実施例1による平行ダイプレスを行い、それぞれの方法による圧粉成形体を焼結した。焼結磁石の磁気特性を以下に示す。

【0146】

【表14】

| | Br (kG) | iHc (kOe) | (BH) _{max} (MGoe) |
|-----|---------|-----------|----------------------------|
| 本発明 | 13.2 | 14.1 | 40.3 |
| 比較例 | 12.3 | 14.3 | 35.2 |

本実施例13では原料として磁性特性がすぐれたNd-Fe-B粉を使用したため、比較例でも良好な値が得られた。本発明法の(BH)_{max}は比較例より約14%高く、磁気特性がすぐれた磁性粉を使用することにより極めてすぐれた(BH)_{max}が得られることが分かる。

30 【0147】実施例14

実施例1の方法において、充填密度、パルス磁界による解砕の有無が磁気特性に及ぼす影響を調査した。結果を表15に示す。

【0148】

【表15】

| 充填密度 (g/cc) | パルス (有無) | 磁 気 特 性 | | |
|----------------|-------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | B _r (KG) | (BH) _{MAX} (MGO) | iH _c (kOe) |
| 1.4 | 無 | 12.5 | 37.1 | 14.2 |
| | 有 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |

| | | | | |
|-----|---|------|------|------|
| 1.8 | 無 | 12.2 | 35.4 | 14.3 |
| | 有 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |
| 2.2 | 無 | 11.1 | 29.3 | 14.5 |
| | 有 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |
| 2.6 | 無 | 10.1 | 24.3 | 14.3 |
| | 有 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |
| 3.0 | 無 | 9.03 | 19.4 | 14.4 |
| | 有 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |

表15より充填密度が高いと予備パルス磁界印加が配向性向上に有効であることが分かる。

【0149】実施例15

実施例2の方法において充填密度及びパルス磁界による

解砕の有無が磁気特性に及ぼす影響を調査した。結果を

30 表16に示す。

【0150】

【表16】

Sm-C o パルスによる磁気特性の変化

| 充填密度 (g/cc) | パルス (有無) | 磁 気 特 性 | | |
|----------------|-------------|------------------------|------------------------------|--------------|
| | | B _r (KG) | (BH) _{MAX} (MGO) | iHc (kOe) |
| 1.6 | 無 | 11.2 | 30.9 | 17.3 |
| | 有 | 11.2 | 30.9 | 17.2 |
| 2.1 | 無 | 10.9 | 29.3 | 17.3 |
| | 有 | 11.2 | 30.9 | 17.2 |
| 2.6 | 無 | 9.9 | 24.1 | 17.4 |
| | 有 | 11.2 | 30.9 | 17.2 |
| 3.1 | 無 | 9.0 | 20.0 | 17.5 |
| | 有 | 11.2 | 30.9 | 17.2 |
| 3.6 | 無 | 8.4 | 17.4 | 17.5 |
| | 有 | 11.1 | 30.3 | 17.3 |

表16より充填密度が高いと予備パルス磁界印加が配向性向上に有効であることが分かる。

【0151】実施例16

実施例3において、充填密度及びパルス磁界による解砕

の有無が磁氣的性質に及ぼす影響を調査した。結果を表17に示す。

【0152】

【表17】

フェライト (乾式) パルスによる磁気特性の変化

| 充填密度 (g/cc) | パルス (有無) | 磁 気 特 性 | | |
|----------------|-------------|------------|------------------------------|--------------|
| | | Br (KG) | (BH) _{max} (MGO) | iHc (kOe) |
| 0.8 | 無 | 3.89 | 3.56 | 2.82 |
| | 有 | 3.93 | 3.63 | 2.80 |
| 1.0 | 無 | 3.94 | 3.65 | 2.81 |
| | 有 | 4.02 | 3.80 | 2.80 |
| 1.2 | 無 | 3.88 | 3.53 | 2.83 |
| | 有 | 4.02 | 3.80 | 2.80 |
| 1.4 | 無 | 3.26 | 2.50 | 2.84 |
| | 有 | 4.02 | 3.80 | 2.80 |
| 1.6 | 無 | 3.02 | 2.14 | 2.84 |
| | 有 | 3.92 | 3.60 | 2.80 |

【0153】実施例17

微粉碎工程まで及び焼結以降の工程は実施例1～5と同一方法及び条件で永久磁石の製造を行った。比較例及び実施例A、Bについては下記の処理を行った。

比較例—平行磁界中ダイプレス (プレス圧力1.5t/cm²、磁界12kOe)

実施例A—40kOeのパルス磁界を5μsecで5回高密度充填粉末に印加し、次に磁界なし、ゴムモールド使用ダイプレスを行った。プレス圧力は1.0t/cm

2、プレス方向はパルス磁界印加方向と同一であった。

実施例B—実施例Aと同一のパルス磁界印加を行い、次にプレス圧力1.0t/cm²、磁界12kOeの平行ダイプレスを行った。

得られた永久磁石の磁気特性を表18および表19に示す。

【0154】

【表18】

| 材 質 | プレス | 充填 密度 (g/cm ³) | 磁 気 特 性 | | |
|------------------|------|----------------------------------|------------|-------------------------------|--------------|
| | | | Br (kG) | (BH) _{max} (MGOe) | iHc (kOe) |
| Nd-Fe-B (焼 結) | 比較例 | 1.4 | 11.7 | 32.4 | 14.4 |
| | 実施例A | 2.6 | 12.3 | 36.1 | 14.3 |
| | 実施例B | 2.6 | 12.5 | 37.2 | 14.2 |

| 53 | | 54 | | | |
|---------------|------|-----|------|------|------|
| Sm-Co (焼結) | 比較例 | 1.6 | 10.5 | 26.9 | 17.5 |
| | 実施例A | 3.1 | 11.0 | 29.5 | 17.3 |
| | 実施例B | 3.1 | 11.2 | 30.9 | 17.2 |
| フェライト (焼結) | 比較例 | 0.8 | 3.73 | 3.32 | 2.9 |
| | 実施例A | 1.2 | 3.95 | 3.67 | 2.8 |
| | 実施例B | 1.2 | 4.02 | 3.80 | 2.8 |

【0155】

【表19】

| 材 質 | プレス | 充填 密度 (g/cm ³) | 磁 気 特 性 | | |
|----------------|------|----------------------------------|------------|-------------------------------|--------------|
| | | | Br (kG) | (BH) _{max} (MG0e) | iHc (kOe) |
| Sm-Co (ボンド) | 比較例 | 2.0 | 6.94 | 11.9 | 15.6 |
| | 実施例A | 3.5 | 7.25 | 12.8 | 15.5 |
| | 実施例B | 3.5 | 7.40 | 13.5 | 15.4 |
| フェライト (ボンド) | 比較例 | 0.8 | 2.18 | 1.11 | 2.7 |
| | 実施例A | 1.2 | 2.29 | 1.23 | 2.7 |
| | 実施例B | 1.2 | 2.33 | 1.27 | 2.7 |

【0156】表18及び表19より、本発明法（実施例A）によれば比較例（従来の平行磁界中ダイプレス）よりもすぐれた磁気特性が得られることが分かる。しかし、無磁界中プレス法（実施例A）よりも磁界中配向方法（実施例B）の方が磁気特性が安定している。

【0157】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、ゴムの弾性を利用してプレスを行い圧粉成形体の配向を高める際に圧粉成形体に割れ、欠け、ひび、変形などが起こることを見出し、かかる割れなどによる製品不良を防止して磁氣的に配向された製品を提供することを共通の特徴とする。

【0158】従来、磁石材料の磁界中配向成形法ではダイ中の充填密度を自然充填程度の低密度にしないと十分な配向性が得られないと考えられていたが、意外にもゴムの弾性を又はゴム弾性と圧縮成形前の磁界印加を利用

すれば高密度充填でも十分な配向性が得られる。又、高密度に充填された粉末をゴムモールドで圧縮すると割れなどの欠陥が防止される。

【0159】ゴムの弾性を利用して、第一の目的を達成する磁界中配向成形法では磁気特性は通常のダイプレス品より優れており、特に、平行ダイプレス製品は通常の垂直ダイプレス製品と同等もしくはそれを上回る特性を発揮する。但し、粉末の充填方法に工夫をしないと割れなどの問題によって、製品が得られないのでゴムの弾性を利用する方法は磁気特性向上の潜在的可能性があったが、それが実際には利用できなかった。第一の目的を達成する本発明によれば、以下説明するような特性が向上した永久磁石を提供することができる。

【0160】Nd₂Fe₁₄B磁石は小型モーターやアクチュエーターに多量に使用されている。これらの用途ではそのほとんどが着磁方向の厚みが小さい扁平な形状を

有しており、生産性の観点からそれらの多くが平行ダイプレスにより製造されてきた。しかし平行ダイプレス特有の低い磁気特性により、現状の量産水準では最高の磁気特性を示す粉末を用いても、35MG Oeを得るのが限界であった。しかし本発明法による大幅な磁気特性向上により、従来のダイプレス法により量産される磁石では達成不可能であった40MG Oeの高特性、特に無酸素粉末を使用する場合は45MG Oeを得ることが可能となった。

【0161】第二の目的を達成する本発明法によれば、ダイプレス機の構造が簡単になり、また、ダイプレス機外でダイプレスと同時に磁界印加を行うことにより磁界中配向成形の生産性が高められる。さらに、粉末の充填密度を適切に定めることにより、第一の目的を達成する発明のように高い磁気特性を得ることができる。

【0162】第三の目的を達成する本発明の湿式法によりゴムモールドを使用する湿式磁界中ダイプレス法が始めて可能になり、かつ磁気特性が向上した。

【0163】さらに従来湿式法で多く生産されていたフェライト磁石では $(BH)_{\max}$ 5MG Oeの磁気特性は工業生産では得られなかったが、 $(BH)_{\max} \approx 4.5$ MG Oeの磁気特性をダイプレス法により達成することができる粉末に10%の特性向上をもたらす本発明法を適用することにより $(BH)_{\max} = 5$ MG Oeのフェライト磁石を工業生産で製造することができる。現在4.5MG Oeのフェライト磁石は通常のダイプレス法を用いて量産されている。 $(BH)_{\max} = 4.5$ MG Oeは現在までの技術では限界に近いが、本発明法を適用すれば $(BH)_{\max} = 5$ MG Oeが可能となる。フェライト磁石は長い歴史を持っているため多くの改良が既に出つくして $(BH)_{\max}$ の改良は限界に達していた。本発明法はこの限界を大きく破る突破口を開いた。又、スラリー中の排水が速いために通常の湿式法に比べて高能率で圧縮成形が可能になる。

【0164】第四の目的を達成する本発明によれば、ゴムモールドを周回経路で移動させている過程で、(無)磁界中ダイプレス以外の操作を済ませてしまうために、従来法と比較して著しく生産性が向上する。

【0165】第五の目的を達成するゴムモールドは圧粉成形時に生じる成形体の亀裂、割れ、変形などに対して非常に有効である。また圧粉成形体のエッジの部分で成形するゴムモールドの部分が面取りされた状態になっている(請求項38)と、特に磁化が残留しやすいエッジの部分の割れなどを防止できる。したがって圧粉成形体の自動化工程におけるロボットによる取り扱いやけり出しに際して割れを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】永久磁石粉末を高密度に充填する方法の説明図である。

【図2】永久磁石粉末の予備圧粉体をつくる方法の説明

図である。

【図3】分割ゴムモールドの図である。

【図4】ゴムモールドの実施例を示す図である。

【図5】ゴムモールドの実施例を示す図である。

【図6】圧粉成形体の形状の説明図である。

【図7】ゴムモールドの実施例を示す図である。

【図8】弓形圧粉体成形用ゴムモールドの実施例の説明図である。

【図9】図8のゴムモールドの断面図である。

【図10】弓形圧粉体の図である。

【図11】角型を成形するゴムモールドの実施例を示す図である。

【図12】カマボコ型を成形するゴムモールドの実施例を示す図である。

【図13】角錐型を成形するゴムモールドの実施例を示す図である。

【図14】溝付き平板を成形するゴムモールドの実施例を示す図である。

【図15】ゴムモールドの設計方法の説明図である。

【図16】乾式ダイプレス装置の図である。

【図17】粉末の噛み込みを防止する方法の説明図である。

【図18】乾式ダイプレス装置の図である。

【図19】図18の乾式ダイプレス装置の一部断面図である。

【図20】図18の乾式ダイプレス装置におけるカムの動作を説明する図である。

【図21】不活性ガス雰囲気中で磁石粉末をゴムモールドに充填する方法の説明である。

【図22】周回経路を利用した乾式ダイプレス装置の図である。

【図23】ゴムモールドの実施例を示す図である。

【図24】リニアートランスポーターの図である。

【図25】湿式成形装置の図である。

【図26】弓形圧粉体を成形する湿式成形装置(セラミックスフィルター使用)の要部を示す図である。

【図27】図25の湿式成形法の各工程の説明図である。

【図28】ばりの発生の説明図である。

【図29】湿式成形法におけるスラリーの充填法の説明図である。

【図30】湿式成形法におけるスラリーの充填法の説明図である。

【図31】ゴムモールドの減圧処理法の説明図である。

【図32】ゴムモールドの真空処理法の説明図である。

【図33】ゴムモールドを真空処理しかつゴムモールドへスラリーを充填する方法の説明図である。

【図34】スラリーを成形する方法の説明図である。

【図35】湿式周回装置の平面図である。

【図36】中空体の成形方法の説明図である。

【図37】 マンドレルを備えたゴムモールドの図である。

【図38】 図37のゴムモールドで成形される圧粉体の図である。

【図39】 しわによる割れの発生の説明図である。

【図40】 ゴムモールドに働く力の説明図である。

【図41】 材質、厚みを各部で変えたゴムモールドの図である。

【図42】 上部及び下部が開放されたゴムモールドの図である。

【図43】 圧粉成形体の図である。

【図44】 圧粉成形体のコーナーに発生する割れの説明図である。

【図45】 ゴムモールドの実施例を示す図である。

【図46】 実施例1～5で使用したゴムモールドの図である。

【図47】 磁界の方向の説明図である。

【図48】 従来の垂直ダイプレス法を実施する装置の模式図である。

【図49】 従来の平行ダイプレス法を実施する装置の模式図である。

【図50】 ゴムモールドを使用する粉末の圧縮変形の際の割れ発生の説明図である。

【符号の説明】

1 a 上パンチ

1 b 下パンチ

2 ダイ

3 プレスプランジャ

4 電磁コイル

5 磁性粉末

6 磁極

10 ゴムモールド

30 磁場電源

31 油圧ユニット

32 油圧シリンダー

34 フィルター

40 コンベヤー

42 フィーダー

45 フィーダー

50 制御ユニット

60 磁界中プレス装置

62 成形体取り出し装置

63 圧粉体

66 コンベヤー

70 プッシャー

71 シリンダー

75 固定カム

76 油圧ユニット

78 ゴムモールド取出器

79 中空ロッド

80 シリンダー

81 油圧ユニット

10 82 ピストン

84 ゴムモールド取出器

90 粉末受け皿

92 蓋

93 真空チャンバー

94 吸引口

95 チャンバー

100 ガイド棒

105 ガイドプレート

107 注入口

125 装填装置

128 装填装置

132 真空容器

133 パッキング

134 パッキング

135 ピストン

136 パネ

137 カラー

138 スラリー供給管

139 パッキング

30 140 第二コンベヤー

141 離型板

142 ストップ

144 真空ポート

145 エアー導入ポート

150 エアーピストン

151 エアーユニット

152 電磁石

153 電磁石励磁電源

157 プッシャー

40 158 カッター

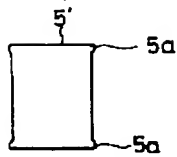
159 引込式底部

165 ポンプ

166 エアーユニット

【図6】

象の足



【図9】

弓形圧粉体成形用ゴムモールド



【図10】

弓形圧粉体



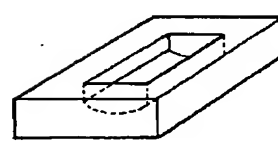
【図11】

角柱



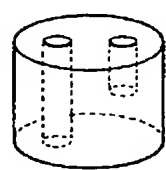
【図12】

カマボコ型



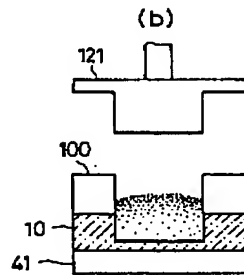
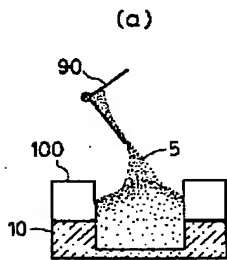
【図38】

中空成形体



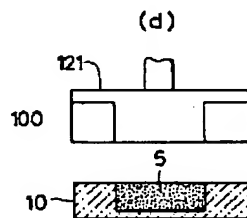
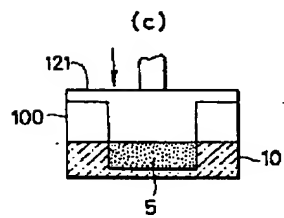
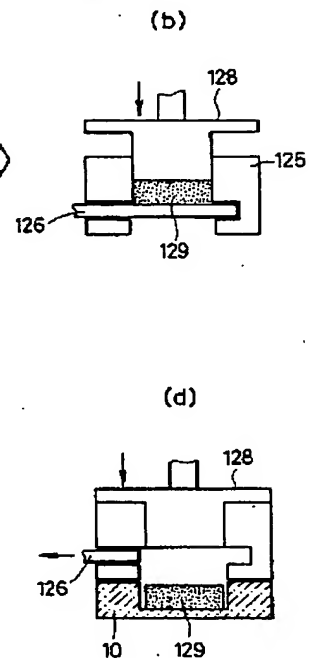
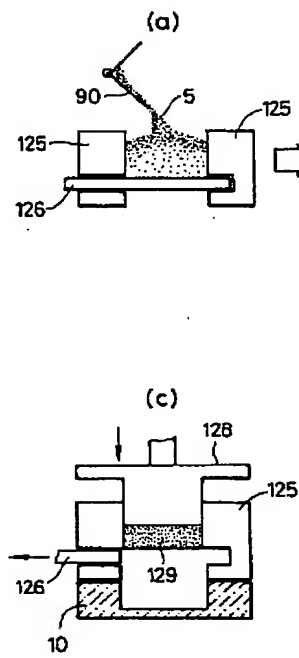
【図1】

永久磁石粉末の高密度充填



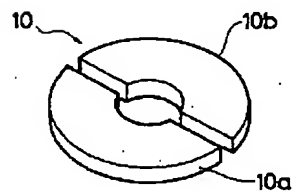
【図2】

永久磁石粉末の予備成形



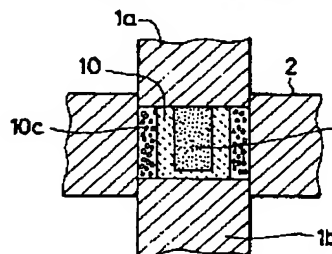
【図3】

ゴムモールドの実施例

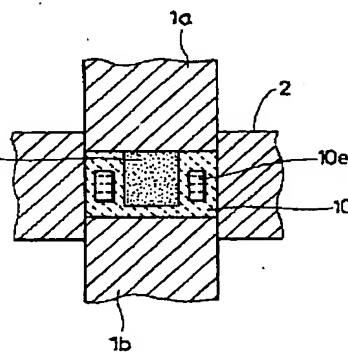


【図4】

ゴムモールドの実施例

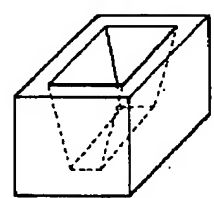


【図5】



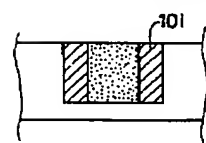
【図13】

角錐台形

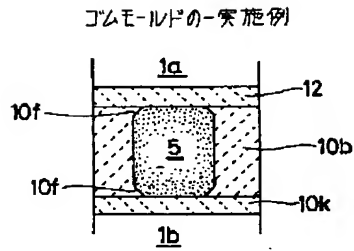


【図23】

ゴムモールドの実施例



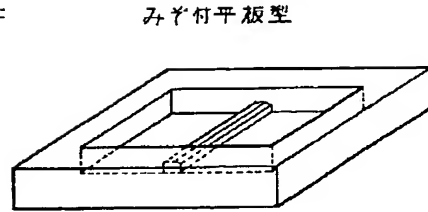
【図7】



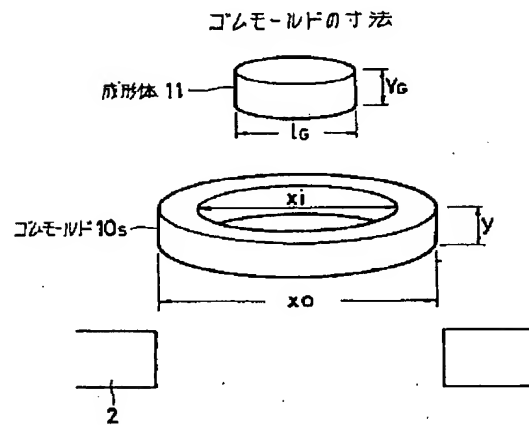
【図8】



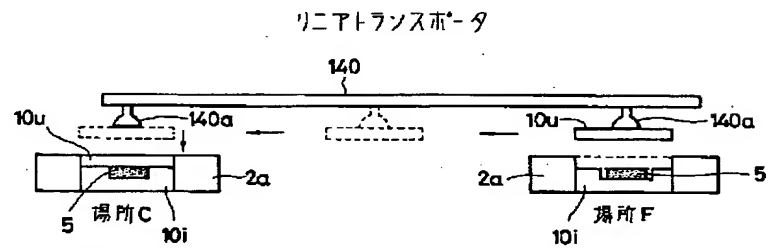
【図14】



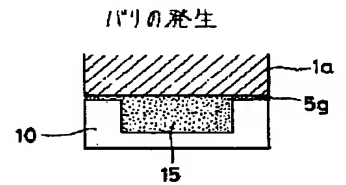
【図15】



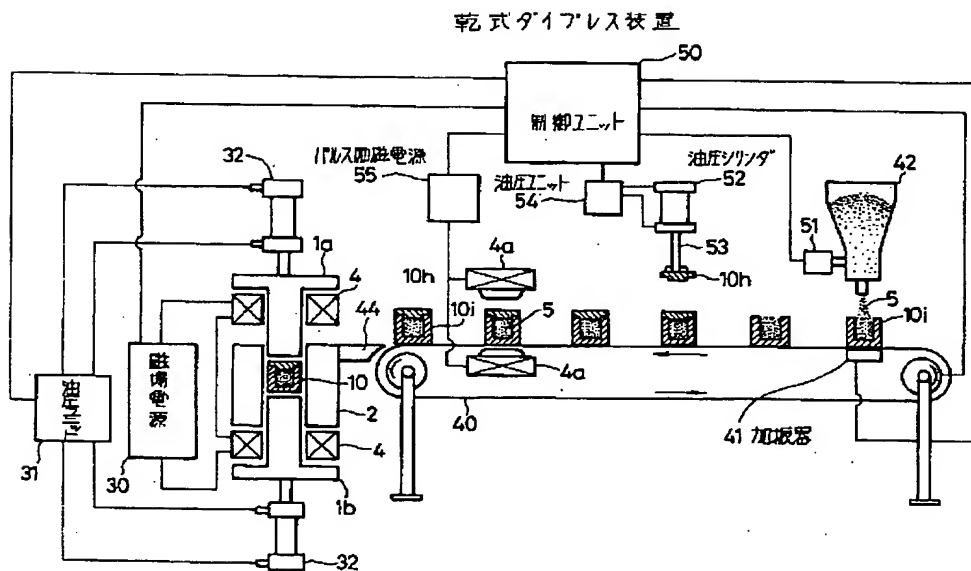
【図24】



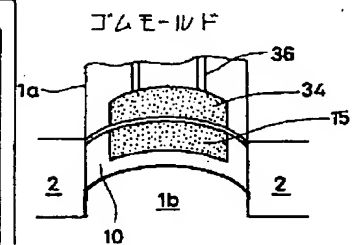
【図28】



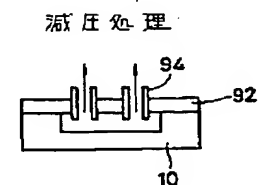
【図16】



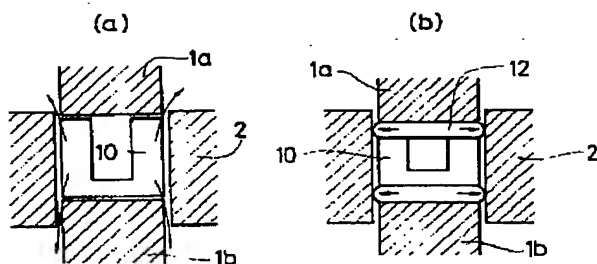
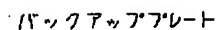
【図29】



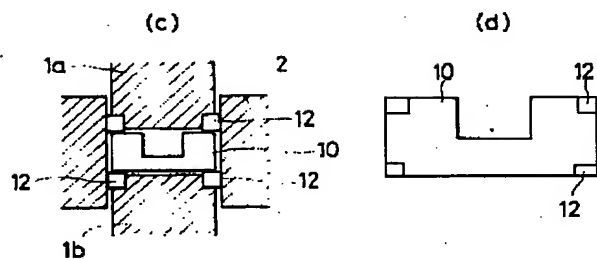
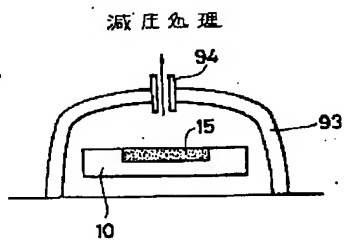
【図31】



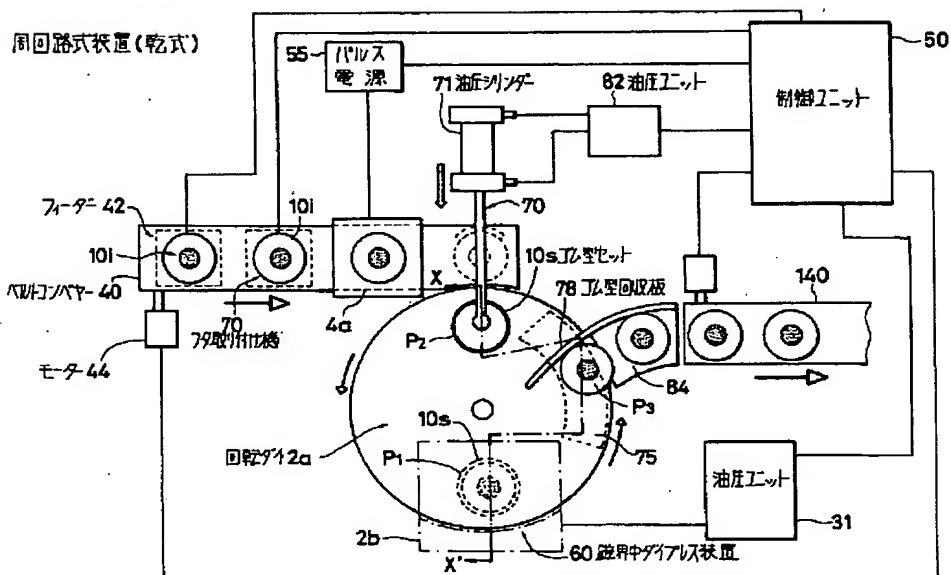
【図 17】



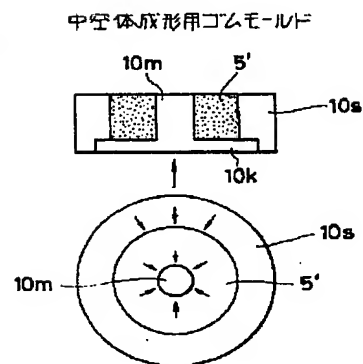
【図 3 2】



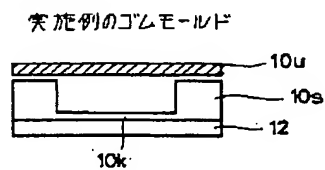
【図 18】



【图 3 6】

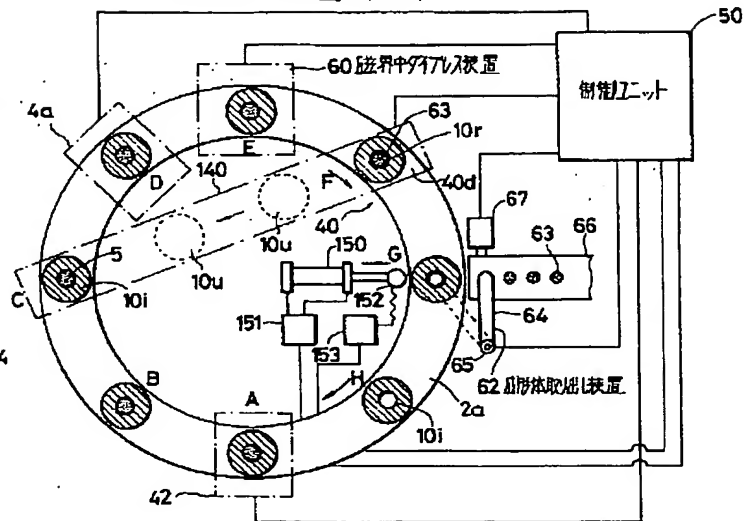


【図 4 6】



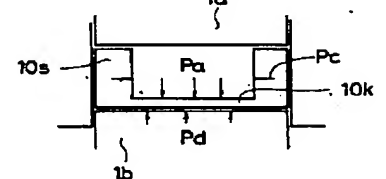
【图 2 2】

周回路式裝置(乾式)

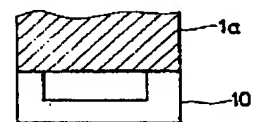


【図 19】

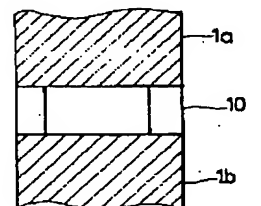
ゴムモールドの寸法 .



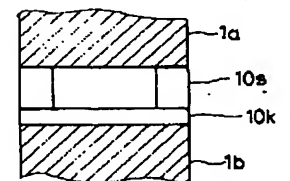
(a)



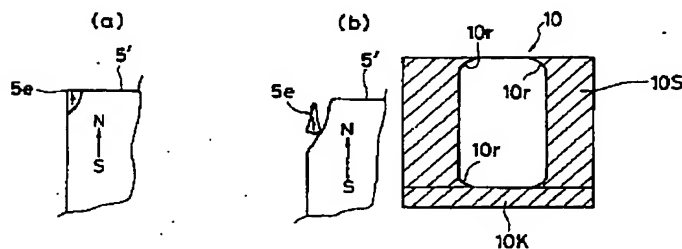
(b)



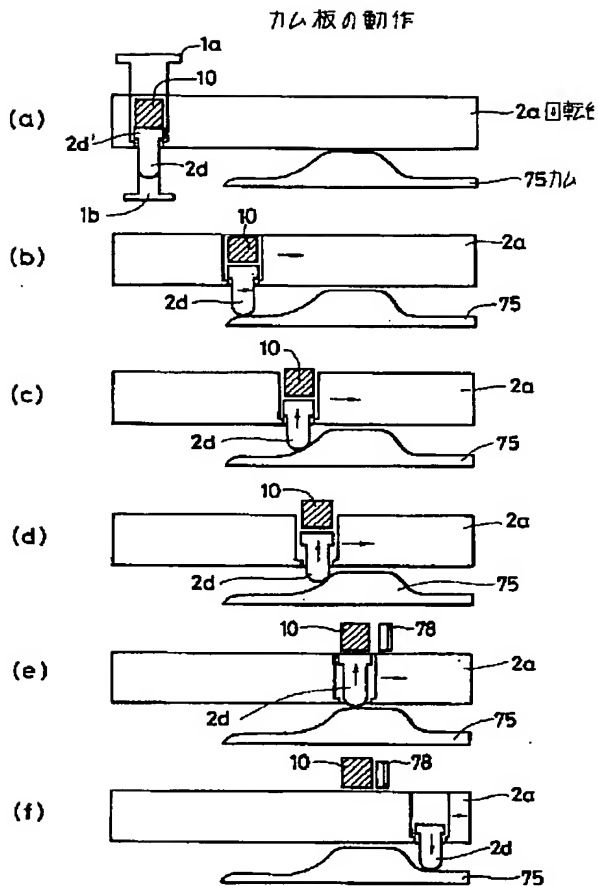
(c)



【図45】

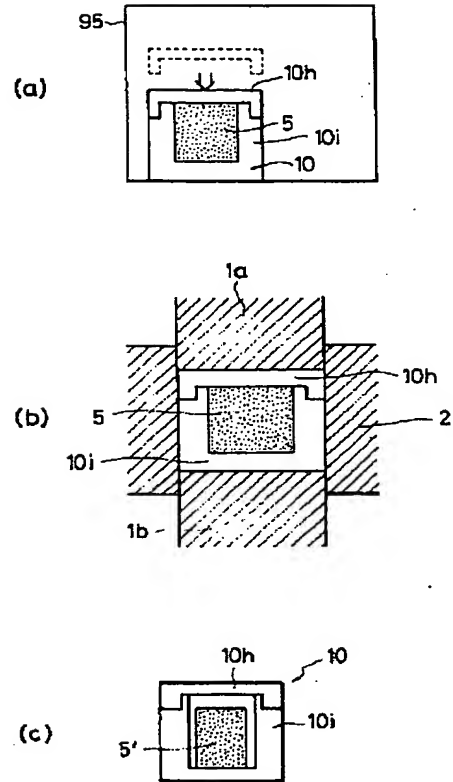


【図20】

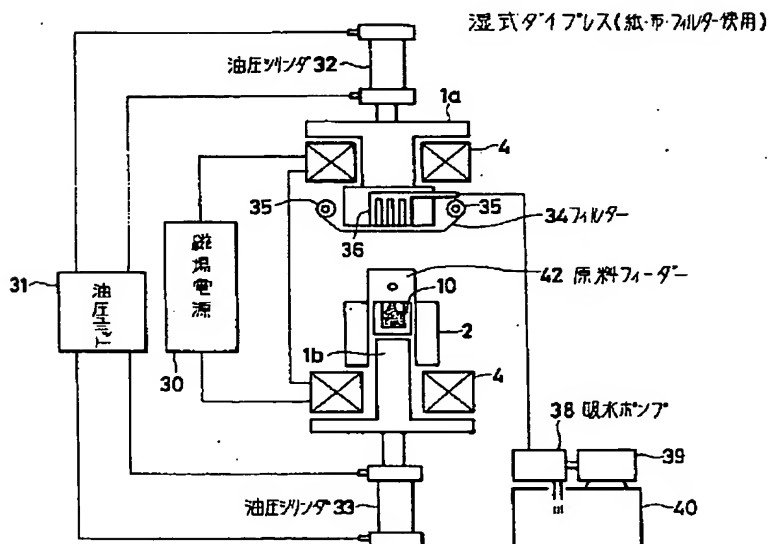


【図21】

不活性ガスの使用

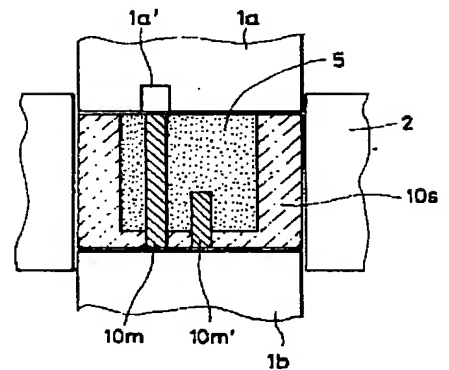


【図25】



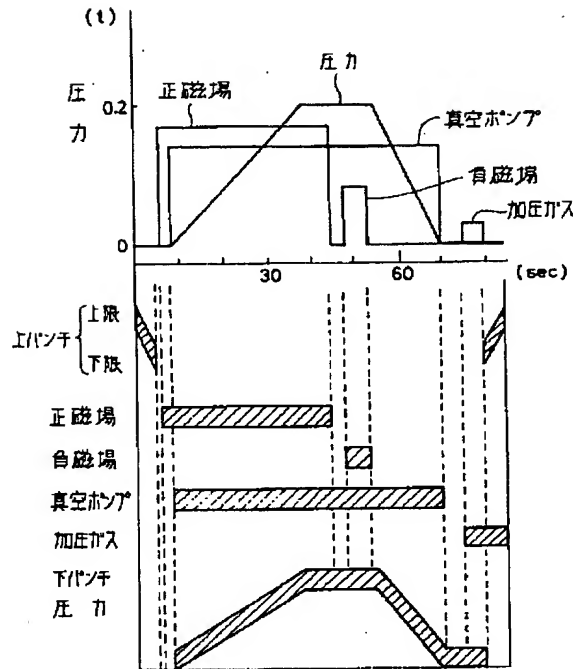
【図37】

中空体成形用ゴムモールド



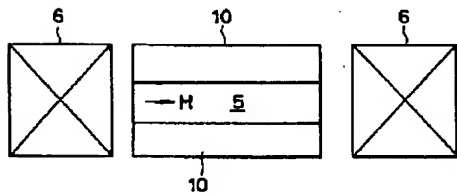
【図27】

湿式ダイアリスの動作タイムチャート



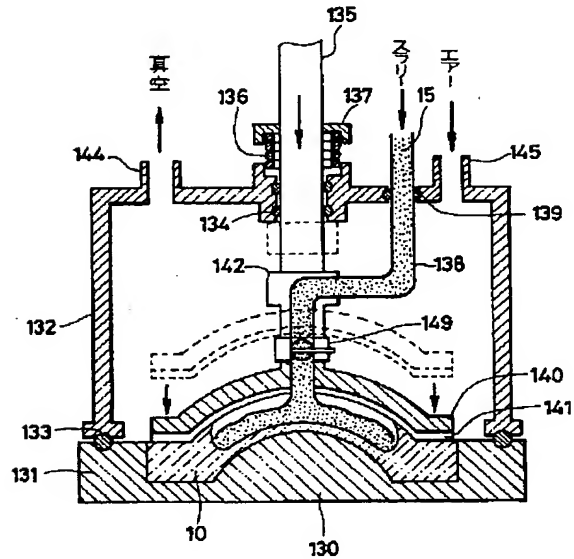
【図47】

磁界の方向



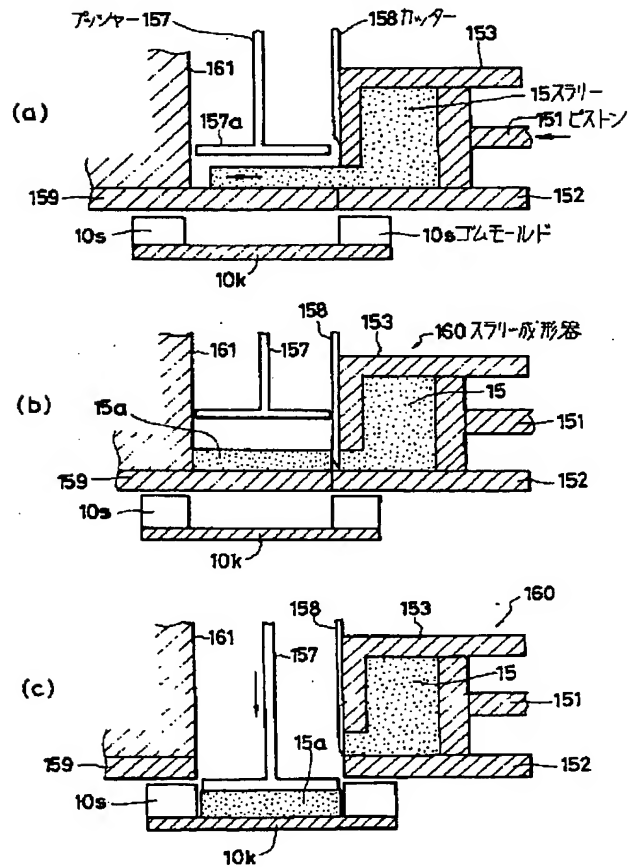
【図33】

スラリー流動充填・減圧充填装置

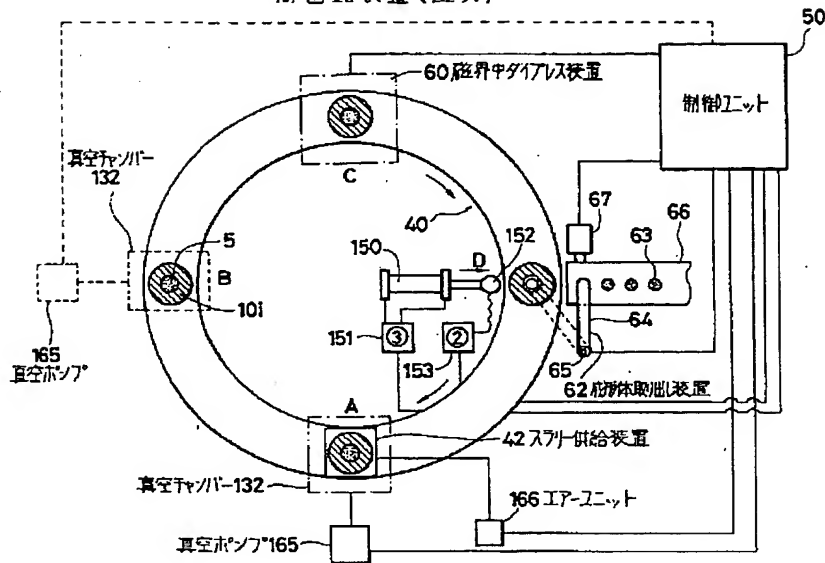


【図34】

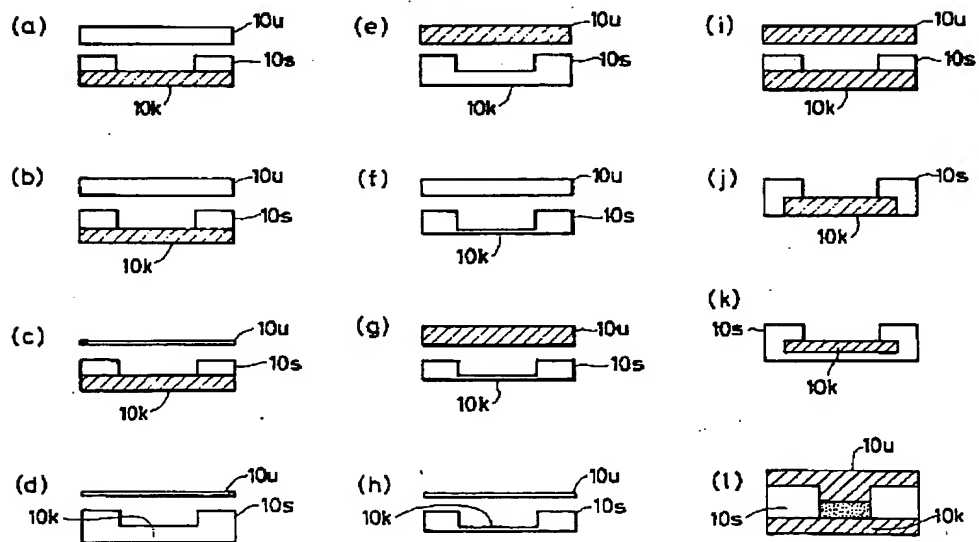
スラリー準備成形



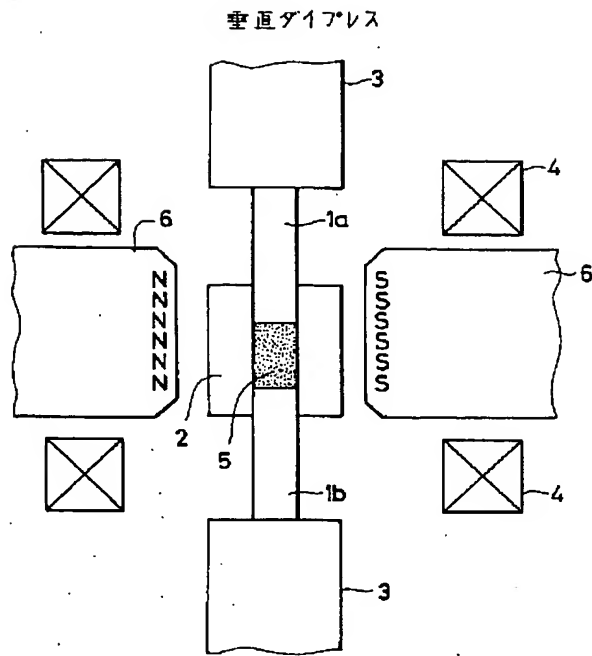
同回路装置(湿式)



各種ゴムモールド



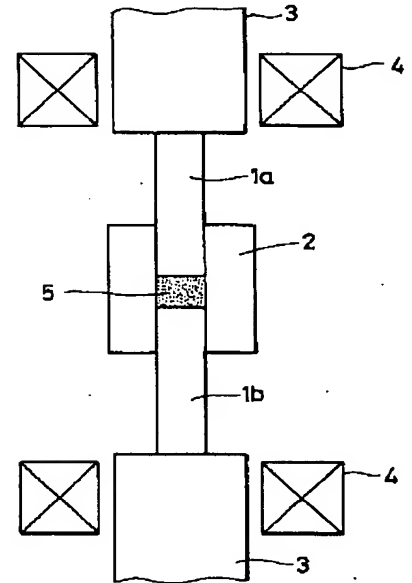
【図48】



- 1a...上パンチ
2...ダイ
4...電磁コイル
6...磁芯
- 1b...下パンチ
3...プレスアランジヤ
5...粉末

【図49】

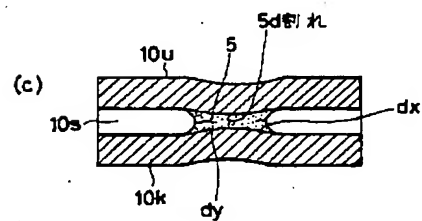
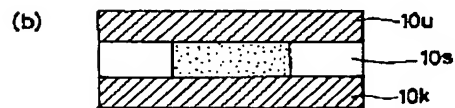
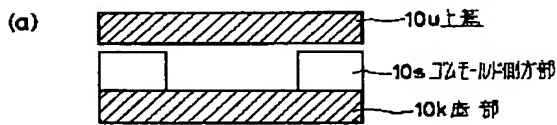
従来の平行ダイアレス



- 1a...上パンチ
2...ダイ
4...電磁コイル
- 1b...下パンチ
3...プレスアランジヤ
5...粉末

【図50】

ゴムモールドでの圧縮



(38)

特公平7-44121

フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

// B 3 0 B 11/00

15/02

H 0 1 F 1/08

識別記号 庁内整理番号

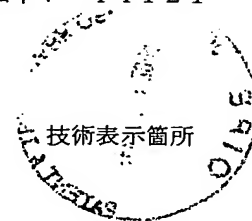
A 9347-4E

Z 8718-4E

F I

H 0 1 F 1/08

B



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.